PIERRE J. GOOSSENS

Los Yacimientos e Indicios de los Minerales Metálicos y no Metálicos de la República del Ecuador

•

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, FACULTAD DE
CIENCIAS NATURALES

DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

1 9 7 2

PIERRE J. GOOSSENS

Profesor de Geología Económica, Michigan Technological University
Profesor de Geología, University of Southern Mississippi, 1970-1971
Experto en Geología Económica, Alto Volta, 1969-1970
Experto en Exploración Minera, Proyecto Minero de las Naciones Unidas en el Ecuador, 1965-1969

Los Yacimientos e Indicios de los Minerales Metálicos y no Metálicos de la República del Ecuador

●

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA, FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

1972

DEDICATORIA

Al pueblo del Ecuador

AGRADECIMIENTOS

Después de haber terminado de escribir este libro, pienso en todas las personas e instituciones que contribuyeron para que pudiera realizarlo.

En primer lugar, quiero agradecer al gobierno de Bélgica, mi país, a su Departamento de Asistencia Técnica y a su Representante en Quito, quienes me prestaron la constante ayuda que el trabajo científico requiere.

Iguales sentimientos deseo expresar al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, que financió el Proyecto Minero en el Ecuador, para el que trabajé durante cuatro años; a la señora Carmen Korn, Jefe de la sección para América Latina y al Representante de las Naciones Unidas en el Ecuador. Al Proyecto Minero en las personas de los Doctores J. Carmen y H. Stigzelius (actual Director del Servicio Nacional de Geología de Finlandia); a los Consultores Técnicos de las Naciones Unidas y a su Director el señor Peter Fozzard, quienes con su ayuda permitieron sentar las bases para este trabajo.

Al Servicio Nacional de Geología que, a través de su Dirección, en las personas de los Ingenieros Julio César Granja y Carlos Mosquera, así como de su Coordinador, señor V. Sandoval, siempre prestó su mejor colaboración e interés.

A mis asistentes en el campo, los Ingenieros H. Ayón, R. Núñez y W. Pico, y a los prospectores y topógrafos H. Arroyo, A. Coloma, H. M. Navarrete quienes constituyeron una valiosa contribución al presente trabajo.

Al Departamento de Geología de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en la persona del Ing. S. Aguayo.

A la Facultad de Ciencias Naturales y a la Universidad de Guayaquil, que han hecho posible la publicación de esta obra. A la Dra. Mercedes Álvarez de Hernández e Ing. Jorge Rengel, quienes me ayudaron en diversas ocasiones.

Al señor A. Fernández, quien me proporcionó fuentes informativas de gran interés.

Deseo también presentar mi agradecimiento por su gran interés y ayuda técnica al Profesor Emérito de la Universidad Libre de Bruselas, Dr. M. E. Denaeyer, profesor de Geología en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en 1967, así como al profesor P. de Bethune, de la Universidad Católica de Lovaina. A la Sociedad Geológica de Bélgica, en la persona de su Secretario General, el profesor Dr. G. Ubaghs, quien permitió la publicación de diversos trabajos sobre la Geología del Ecuador.

Muchas personas contribuyeron, de cerca o de lejos, para la realización de este trabajo. La lista sería demasiada larga. A todos, mil gracias.

PIERRE J. GOOSSENS.

Guayaquil, Julio, 1970

PRÓLOGO

Prologar un libro significa, en cierta forma, referirse a la vida cultural y científica del autor. Y la vida de Pierre Goossens ha sido una constante y generosa entrega a la Ciencia y en particular a las Ciencias de la Tierra.

Trayendo como antecedente la formación académica y frescos aún los laureles que le concediera la Universidad de Lovaina por su tesis doctoral sobre "El comportamiento del granate durante el metamorfismo de grado bajo y medio", llegó a nuestra Patria donde trabajó, durante cuatro años, como Geólogo Económico en el Proyecto Minero de las Naciones Unidas.

Las duras jornadas de trabajo en el campo, los días y los meses transcurridos en una tienda de campaña, azotado por el frío de los Andes o el sol abrasador de nuestra costa; el permanente contacto con el río, el mar y la montaña, intrigaron su espíritu e identificaron a Pierre Goossens con la tierra ecuatoriana y a ella dedicó sus estudios e investigaciones.

Pacientemente se dedicó a una cotidiana labor de recopilación. Los archivos nacionales, libros, revistas, informes, fueron afanosamente revisados en busca de datos sobre los indicios de minerales en el Ecuador; por el diario indagar, a base de comunicaciones escritas o por referencias verbales y fundamentalmente por observaciones personales, y como resultado de sus propias investigaciones, acumuló una serie de datos y referencias, a los que dio unidad en su obra LOS YACIMIENTOS E INDICIOS DE LOS MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, de la que podemos decir, con justicia y con razón, que constituye el primer inventario de los recursos minerales de nuestro país.

El Dr. Goossens ha ordenado su obra de la siguiente manera: primera, la introducción, que es una breve historia de la minería en el Ecuador y constituye, además, la presentación de objetivos; luego hace una revisión, en orden alfabético, de los principales elementos, minerales y rocas de importancia económica, destacando su producción en América Latina y sus ocurrencias en el Ecuador, señalando su localización con mapas y tablas, analizando las condiciones geológicas del lugar en que se encuentran. Además, una extensa bibliografía que constituye una valiosa fuente de información sobre la literatura geológica nacional.

Quien lee esta obra, escrita con la sencillez y claridad de una mañana en el campo, va comprendiendo en cada página, la capacidad minera del país. Sin lugar a dudas, el mérito más sobresaliente radica en el criterio orientador para futuras prospecciones, a base de una búsqueda sistemática y una exploración racional, tomando en consideración las condiciones geológicas de las diversas regiones del Ecuador. Revisa 191 ocurrencias de minerales metálicos y 184 de minerales no metálicos y establece así las posibilidades para futuras prospecciones. Con esta guía, que ha enriquecido el potencial geoquímico del país, se ha abierto un camino para la búsqueda de minerales de importancia económica que asegure el éxito de la investigación científica y el porvenir del pueblo ecuatoriano.

Y justamente dedica su obra “al pueblo del Ecuador” demostrando así su gratitud a nuestra Patria, que cobijó sus afanes y que hoy también le agradece por esta primicia de su inventario geológico del cual afirma el autor, con sabiduría y con modestia, que “no es un inventario completo”. Y tiene razón, porque la Geología es una ciencia dinámica por excelencia, en constante movimiento y renovación. El indicio de ayer puede ser el yacimiento de mañana. Goossens ha abierto nuevas interrogantes e inducido nuevas preocupaciones sobre la investigación geológica en el país. Y ha logrado inquietarse a sí mismo: mientras esta obra estaba en prensa, ha realizado nuevos trabajos que enriquecen su ya amplia bibliografía sobre la Geología del Ecuador **(+)**.

Los motivos que indujeron a Pierre Goossens para pedirme que prologue su libro, tal como él mismo lo expresara son, “el interés científico y la amistad”. Este sentimiento, inspirado en la afinidad de objetivos científicos, fortalecido por la noble solidaridad del espíritu universitario y una profunda comprensión del hombre y su destino justifica su deseo de que mis palabras acompañen las primeras páginas de este libro, a las que van ligados los sentimientos de mi gratitud.

Deseo ponderar la íntima satisfacción que me causa presentar el libro de Pierre Goossens, publicado por la Universidad de Guayaquil y dedicado “al pueblo del Ecuador”; son hechos significativos que acrecientan mi fe en su futuro.

MERCEDES ÁLVAREZ DE HERNÁNDEZ

Profesora de Geoquímica

Departamento de Geología

Facultad de Ciencias Naturales

Universidad de Guayaquil.

(+) 1. – Importancia de la Tectónica Transversal en el Ecuador – Simposium sobre el Manto Superior, Buenos Aires, Octubre, 1970.

2. – An Exhalative volcanic Iron Sulfide stratabound deposit, near San Fernando, Azuay Province, Ecuador. – Economic Geology, Vol. 67, N° 4, 1972.

3. – Metallogeny in Ecuadorian Andes, Economic Geology, Vol. 67, N° 4, 1972.

4. – Chemical Composition and age determination of Tholeiitic Rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador. – Geological Society of America Bulletin, 1972 (Collaborator. W. I. Rose, Jr).

5. – Surface Geology, Seismic Activity and Sea floor spreading in Ecuador. – Abstract to be presented to Geological Society of America, 1972. – Annual Meeting, Minneapolis.

ÍNDICE

MAPAS

TABLAS

Nota: Se ha modificado las tablas y los mapas sin afectar su contenido. En todo caso, el documento original puede ser descargado en el siguiente link: (Goossens, 1972).

Stalyn Paucar (stalyn314paucar161@outlook.es).

Quito, 02 de septiembre de 2021

INTRODUCCIÓN

La Historia de la Minería en la República del Ecuador puede dividirse en tres etapas:

La época de los Incas

La época de la Colonia y

La época actual, resurrección de la Minería, vieja tradición olvidada por los habitantes de la Tierra de El Dorado.

Poco se conoce acerca de los sitios de donde los Incas extrajeron el oro; el País fue tan rico en este mineral precioso que se tejieron muchas leyendas respecto a su abundancia y fueron la causa principal de la pérdida del Imperio Incaico, víctima de la invasión de los conquistadores europeos, ávidos de riqueza.

Estos nuevos inmigrantes buscaron los sitios ricos en oro y los despojaron del metal precioso, que fue a enriquecer las arcas de la corona española y los tesoros de la Iglesia. Como consecuencia de esta búsqueda se encontraron yacimientos de plata y otros metales. Los archivos de esta época heroica están llenos de preciosas indicaciones; infortunadamente esta fuente de información no ha sido apreciada por los exploradores modernos. Las explotaciones antiguas, con excepción de las de Portovelo, Pilzhum y Molleturo poco a poco fueron abandonadas y agotadas.

Desde hace unos diez años, se ha visto resurgir la Minería en el Ecuador, y muchos geólogos han empezado a buscar indicios de minerales, pero recién después de la creación del Servicio Nacional de Geología y Minería en 1964, se comienza con un programa nacional y sistemático de búsqueda de minerales económicos en todo el territorio ecuatoriano.

Los resultados han sido realmente halagadores, pues, apenas cinco años de intenso trabajo han conducido al descubrimiento de tantos yacimientos nuevos que las más grandes compañías del mundo se disputan el derecho de obtener zonas de concesión para su explotación.

Pero al mismo tiempo que se efectuaban los trabajos de campo, era necesario también, la elaboración de un inventario lo más completo posible sobre los minerales metálicos y no-metálicos, por lo cual, a mediados del año 1969 se publica el Primer Mapa Mineralógico de la República del Ecuador **(1)**.[1]Además, era necesario disponer de una lista detallada de todos los puntos mapeados, así como de la bibliografía de los archivos e informes existentes, muchos de los cuales merecen confianza, y otros, infortunadamente, son sólo copia de los anteriores.

---

[1] (1) GOOSSENS P.J. Mineral Index of the Republic of Ecuador 1:1000000, Survey of Metallic and non-Metallic Minerals U.N.D.P., edited by Servicio Nacional de Geología y Minería, Quito.

Estas consideraciones me han llevado a efectuar el presente trabajo. El plan utilizado en este inventario de los minerales económicos en el Ecuador es el siguiente: se hace una revisión en orden alfabético de los elementos, minerales y rocas que tienen interés económico, se presenta un cuadro con la localización de los indicios o yacimientos, nombre del lugar y características principales.

Debemos establecer una diferencia entre lo que es indicio y yacimiento.

Un indicio está representado por la presencia de minerales, que no han sido determinados cuantitativamente.

Un yacimiento es una concentración de minerales que han sido o son explotados.

Se incluye además la bibliografía para cada indicio o yacimiento, y, cuando son importantes, se anexa una descripción más detallada.

Este tipo de inventario no estará jamás completo, pues cada año se conocerá nuevos indicios y se dispondrá de más datos.

El mejor sistema para archivarlos sería un inventario a base de fichas individuales para cada indicio o yacimiento, incluyendo en este caso, la estadística de la producción. Por ejemplo, el sistema de fichas, propuesto por International Union of Geological Sciences Comission for the study of economic elements, in the Earth's Crust (60 Bd. Saint Michel, Paris vie France).

AGUAS MINERALES Y TERMALES

En toda la Cordillera Andina existen numerosas fuentes de aguas minerales y termales. En Ecuador, se conocen numerosas fuentes de este tipo; además de sus propiedades medicinales, las aguas termales son importantes como fuente de energía (geotermia) y en la interpretación metalogénica. Una de estas fuentes es explotada como agua de mesa o "Agua de Güitig o de Machachi". La Geografía y Geología del Ecuador de Wolf (1892) nos ofrece una compilación sobre la composición química de las aguas conocidas en dicha época, sobre todo en los alrededores de Quito. Es difícil establecer el origen de estas aguas; indudablemente, la temperatura elevada debe ser producida por la actividad volcánica, pero no se sabe con certeza si el origen de estas aguas es magmático o meteórico, o una mezcla de los dos. Cualquiera que sea su origen, las aguas calientes, al atravesar las diferentes capas de rocas, pueden disolver cantidades variables de los metales en ellas contenidos y enriquecerse en minerales e indicadores de concentraciones metálicas.

En ciertas partes del mundo, es posible recuperar diferentes elementos o compuestos a partir de las aguas minerales, como el bromo, yodo, cloruros de sodio, calcio y magnesio. El potasio no ha sido recuperado todavía, pero podría, en el futuro, presentar un interés económico.

En Ecuador, las aguas de SALINAS (Provincia de Bolívar) contienen suficiente cloruro de sodio para ser explotado en forma artesanal. Esta sal es muy rica en yodo. No se debe olvidar que los numerosos yacimientos de travertino que existen, fueron, y son aún, depositados por fuentes de aguas. El litio se encuentra siempre presente, en valores muy elevados cerca de Cuenca y Azogues. El arsénico presenta valores elevados en el Río San Pedro (Provincia de Pichincha) y en Baños y en San Bartolomé (Azuay). El plomo tiene valores elevados en las provincias de Azuay y Cañar. El flúor también se encuentra, con valores anormales en Guapán (Cañar) y Baños (Azuay). Para más detalles sobre las aguas termales y minerales en Ecuador, el lector, puede referirse a Muñoz (1949) y de Grys y otros (1970).

ALÚMINA Y BAUXITA

El aluminio es el metal más abundante de la corteza terrestre. Generalmente se presenta bajo la forma de silicatos, lo cual hace difícil su extracción. Debido a la acción de ciertos agentes meteóricos, las rocas silicatadas ricas en alúmina (Al_2O_3) se alteran al estado de Bauxita.

La Bauxita es un mineral que consiste en una mezcla de óxidos hidratados de aluminio, pero se aplica este nombre, particularmente, a las variedades de rocas lateríticas, ricas en óxidos de aluminio, que son la fuente principal de aluminio.

Las condiciones físicas propicias para la formación de la bauxita son: el calor, la humedad y un pH neutro del suelo. Estas condiciones se pueden encontrar en las selvas tropicales o subtropicales. Las rocas madre son diversas: sienitas con nefelina, basaltos, o doleritas, esquistos metamórficos o no metamórficos y areniscas.

En Ecuador no se conoce ningún yacimiento, pese a que muchas regiones presentan las condiciones requeridas para su formación: por ejemplo, en ciertas zonas de la Costa y en el Oriente. Ribadeneira (1960) menciona la existencia de bauxita en la provincia de

El Oro (Arenillas y Pasaje) y en la Isla San Cristóbal (Galápagos), pero no se ha comprobado la autenticidad de dichas indicaciones.

Es interesante notar que se han inventado diversos procedimientos para extraer la alúmina de otros minerales, como las arcillas. Los depósitos de caolín de la zona de Azogues (Cañar) podrían servir como fuente de alúmina, en el caso de que las necesidades del país crezcan y la búsqueda de depósitos de bauxita sea infructuosa.

En el siguiente cuadro podemos observar las diferencias en el contenido de alúmina de la Bauxita, en general, y del Caolín de la zona de Cañar.

Caolín de Shuna-Abuga (Cañar) 50 – 70 % Al_2O_3

Bauxita (en general) 24 % Al_2O_3

En América del Sur, el único productor de consideración es Brasil (1966: 193000 toneladas métricas). Se conocen indicios de bauxita en Colombia.

El aluminio se utiliza principalmente en la industria metalúrgica, en la fabricación de refractarios, esmeril, cementos aluminosos, en la industria del papel y farmacéutica, y en la fabricación de pigmentos y pinturas.

AMIANTO

Amianto es un término general empleado para definir toda clase de minerales fibrosos, como el crisotilo, la amosita, crocidolita, tremolita y antofilita; estos dos últimos son de menor importancia. Los yacimientos principales están asociados con rocas ultrabásicas como la serpentina, y con las calizas dolomíticas serpentinizadas.

En América del Sur, Bolivia y Brasil producen una pequeña cantidad de amianto.

En Ecuador se conocen pocos indicios, a pesar de que se han descubierto grandes cantidades de rocas ultrabásicas en los dos lados de la Cordillera Andina, que señalamos a continuación:

TABLA 1. Indicaciones de Amianto

Lugar	Características
Llanganates (1) (Cotopaxi)	Presencia de antofilita en los esquistos metamórficos
Saloya (2) (Pichincha)	En las rocas serpentinas

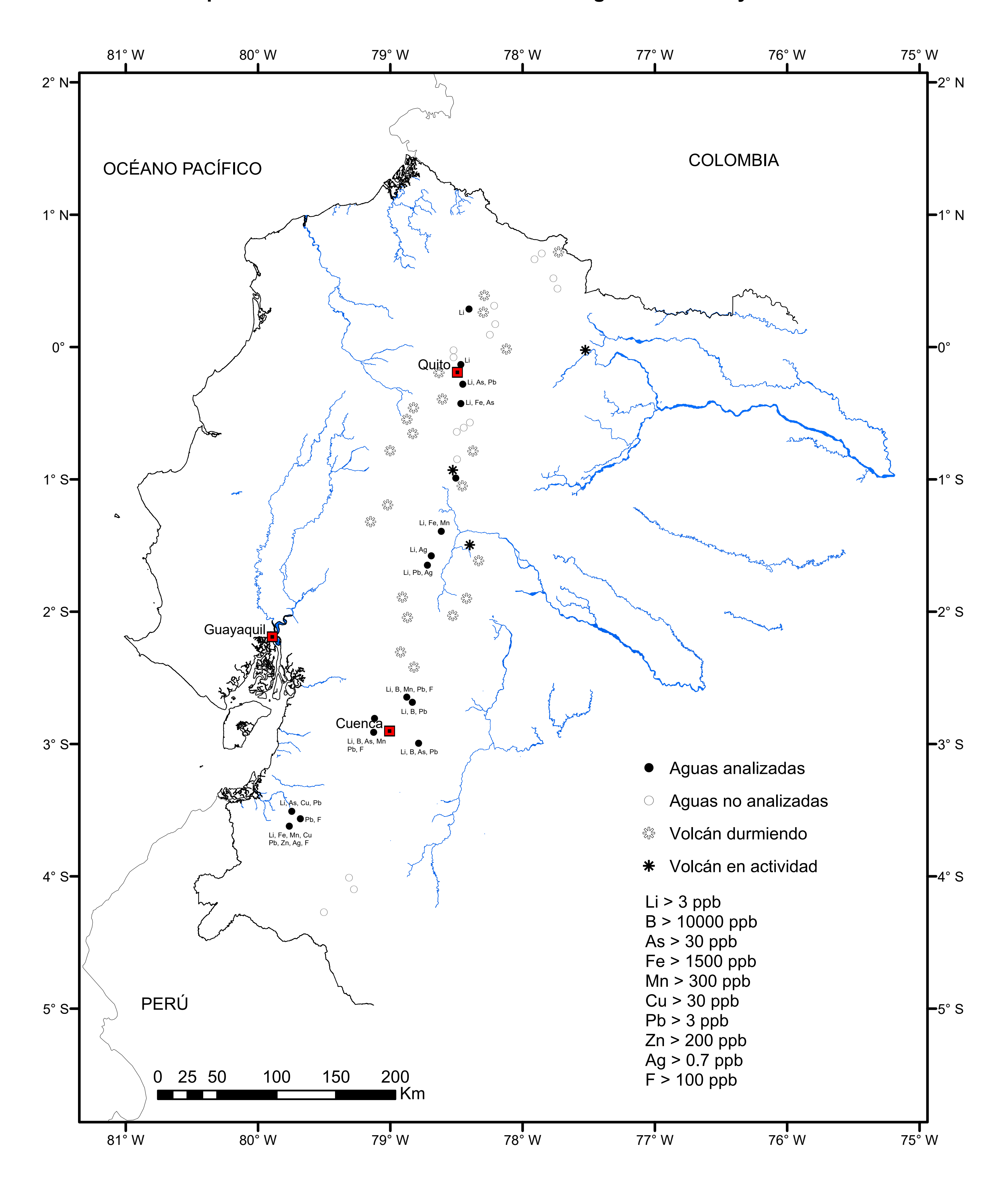
(1) Ericksen (1962), (2) Ribadeneira (1960)

Al norte de Guayaquil se ha señalado un pequeño macizo de peridotita (Goossens, 1968). Otros afloramientos de rocas serpentinizadas existen al Oeste de Saquisilí (Cotopaxi), pero no se dispone de ningún dato concerniente al amianto.

Se aconseja intensificar los trabajos de exploración. El mejor método de prospección es el magnético.

Los usos del amianto son múltiples, debido a sus propiedades físicas de protección contra el calor y la electricidad. Cada año se descubren nuevas aplicaciones; en los Estados Unidos el amianto es considerado como un material estratégico.

Mapa N° 1 Distribución de las fuentes de aguas termales y minerales



ANTIMONIO

Los principales minerales económicos de antimonio son la estibnita o estibina (Sb_2S_3) y los sulfo-antimoniuros de plomo. El antimonio es un elemento típico de los yacimientos de baja temperatura y de poca profundidad. La estibnita está asociada con el Cinabrio en las rocas sedimentarias y muchas veces con un volcanismo cercano.

En América del Sur, uno de los principales países productores es Bolivia donde la estibnita se encuentra asociada con las vetas de cuarzo y sulfuros en los esquistos paleozoicos.

TABLA 2. Indicaciones de Antimonio

Lugar	Características
Olmedo (1) (Loja)	Veta de cuarzo con estibnita, pirita y minerales secundarios de cobre
Quilanga (2) (Loja)	Presencia de estibnita
Molleturo (3) (Azuay)	Peri-plutónico Veta de cuarzo con esfalerita, pirita, galena y calcopirita, sulfosales de plata y antimonio puro
San Fernando (4) (Azuay)	En relación con rocas volcánicas e impregnación de estibnita en toba silicificada
Pilzhum (5) (Cañar)	Peri-plutónico Sulfu-antimoniuros de plata
Zhuya (6) (Cañar)	Peri-plutónico Cobre gris (tetraedrita)
Entre Santa Rosa y Piñas (7) (El Oro)	Veta de cuarzo con estibnita

(1) Yantis, 1943; D. M. H., 1966; Villemur, 1967. (2) Villemur, 1967. (3) Putzer y Schneider, 1959; Kizuka y ot., 1960; Bricksen, 1962; Boulanger, 1963. (4) Goossens, 1969; U.N.D.P., 1969. (5) Spindler y Herrera, 1959 ; D. M. H., 1966 ; Boulanger, 1963 ; Kizuka y ot., 1960; Stoll, 1962; Ericksen, 1962; Putzer y Schneider, 1958.(6) Wolf, 1892; Boulanger, 1963. (7) comunicación verbal.

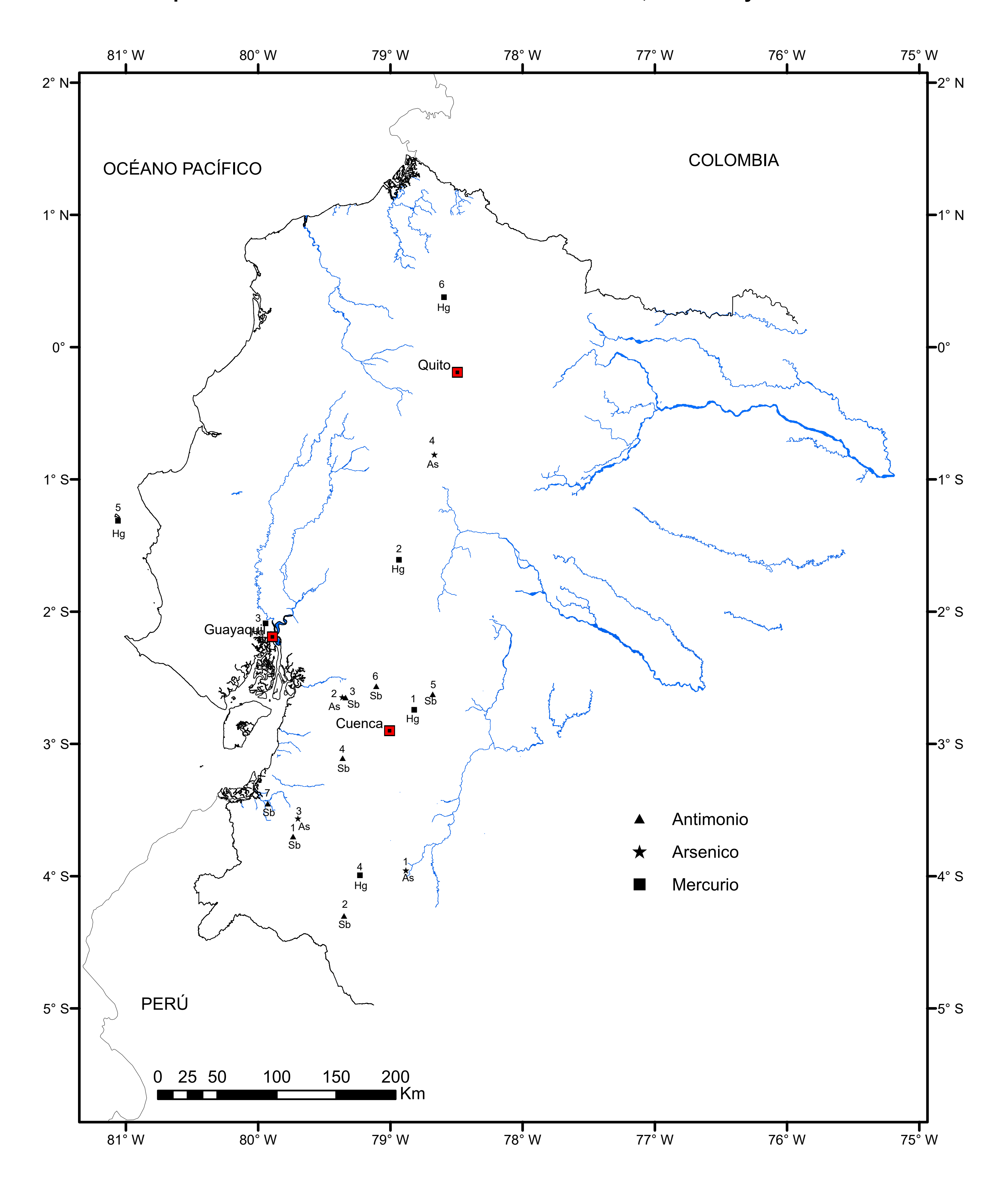
Hasta el momento, se conoce que las principales indicaciones de antimonio se concentran bajo la forma de estibnita (principalmente en las provincias de Loja y El Oro) y de sulfo-antimoniuros y cobre gris (en las provincias de Azuay y Cañar).

El Ecuador y principalmente su parte meridional son propicios para la formación de yacimientos de antimonio; se conocen numerosos yacimientos de baja temperatura, que son típicos de esta zona de la cadena andina. El Cinabrio se lo conoce también, y lo que es más interesante, se encuentra en las rocas sedimentarias cercanas a lugares donde se ha producido efusión volcánica, como por ejemplo, la cuenca sedimentaria de Azogues.

Este elemento tiene un interés limitado para el Ecuador, ya que en el mundo hay una producción abundante de antimonio.

El antimonio se utiliza en ciertas aleaciones, en la fabricación de numerosos pigmentos, en la vulcanización del caucho; en Química, como catalizador y en la industria farmacéutica.

Mapa N° 2 Distribución de los indicios de mercurio, arsénico y antimonio



ARCILLAS

Las arcillas son minerales de aluminio y sílice hidratados. La mezcla de dichos minerales forma un tipo de roca llamada Arcilla.

Mineralógicamente, los minerales de las arcillas presentan una gran variedad de composición química y estructura cristalográfica, cuya descripción va más allá del alcance de esta obra. Únicamente mencionaremos las especies interesantes económicamente, como el caolín, la arcilla grasa, arcilla refractaria, bentonita, tierra Fuller y otras, que no poseen características especiales.

1. — Caolín

Mineralógicamente el caolín está formado por caolinita, pero tiene además como componente, la Haloisita. Al caolín, se lo denomina además con el nombre de "Arcilla de China", que, cuando está calcinado se caracteriza por su extraordinaria blancura.

2. — Arcilla grasa

La arcilla grasa se caracteriza por su elasticidad. Por lo regular está compuesto de caolinita, pero contiene un porcentaje mayor de sílice al que posee el caolín; el porcentaje de impurezas orgánicas es también superior al que contiene el caolín. Cuando la arcilla grasa se quema, el producto resultante no es de la blancura de aquel que se obtiene del caolín.

3. — Arcilla refractaria

Las arcillas usadas como refractarias están compuestas generalmente de caolinita, pero también pueden contener haloisita o illita, así como impurezas orgánicas e inorgánicas. Incluido en este grupo se encuentra el Diásporo (mineral hidratado de aluminio). La arcilla refractaria se la clasifica normalmente, de acuerdo a su plasticidad.

4. — Bentonita

Está compuesta por los minerales arcillosos del grupo de la Montmorillonita. Se conocen dos tipos de bentonita. 1) La bentonita que aumenta de volumen cuando está en contacto con el agua, 2) y aquella que no aumenta de volumen bajo las mismas condiciones. El primer tipo posee un alto porcentaje de sodio mientras que el segundo es rico en calcio. Normalmente la bentonita sódica aumenta de quince a veinte veces su volumen seco.

5. — Tierra Fuller

Este término se refiere al tipo de arcillas que se emplea para la limpieza de textiles. Están compuestas esencialmente de montmorillonita o atapulgita.

6. — Arcillas sin un tipo especial

Este tipo comprende todas las arcillas que no fueron estudiadas en los párrafos anteriores. Pueden contener montmorillonita y caolinita, pero la illita es la que predomina.

Geológicamente, las arcillas son los minerales más comúnmente encontrados en las rocas, siendo de origen secundario, es decir que provienen de la descomposición de las rocas y minerales.

Por ejemplo, la caolinita proviene de la descomposición de las rocas feldespáticas y la bentonita de las cenizas volcánicas. Los depósitos se pueden formar in situ (residual) o pueden ser transportados y formarse en lugares lejanos al sitio de origen.

El caolín se lo utiliza principalmente en papelería, en la industria refractaria, cerámica y del caucho. La arcilla grasa se la consume, principalmente, en la industria cerámica, de baldosas y azulejos. Las arcillas refractarias se las emplea en los productos que llevan en su composición, arcillas pesadas (heavy clays products) y refractarias (refractaries industry). La bentonita se usa primordialmente como lodo de perforación y recientemente en la fabricación de concentrados de hierro ("bolas o pellet"). La tierra Fuller se la emplea para la fabricación de absorbentes, fungicidas y como lodo de perforación. Las otras arcillas se las emplea en la elaboración de productos arcillosos pesados tales como ladrillos, tuberías, bloques huecos de arcilla, cemento "Portland" y agregados livianos.

Como el medio geológico para la formación de las arcillas existe en todo el mundo, casi todos los países poseen sus propios depósitos.

En Ecuador, a pesar que existen varios depósitos, se continúa importando este producto. Los principales depósitos descubiertos se encuentran en las cuencas sedimentarias interandinas, lo cual no significa que las otras regiones carezcan de potencialidad.

La cuenca sedimentaria de Azuay-Cañar, por la presencia de intrusivos ácidos y rocas piroclásticas contiene numerosos depósitos de caolín y bentonita. Estos depósitos fueron descubiertos y explotados para suplir las necesidades de la moderna industria cerámica, aunque desde la época incaica, los indios empleaban estas arcillas para manufacturar productos cerámicos. La potencialidad de esta zona se desconoce por no haberse realizado aún estudios mineralógicos adecuados y ensayos físicos del material.

La cuenca de Loja contiene ciertos indicios y por su geología, similar a la de Azuay-Cañar, podría presentar buenas perspectivas para el futuro.

Quedan por estudiarse los indicios descubiertos en la zona de Balzapamba, Quito, Puyo y Pujilí.

La industria de ladrillo está bien desarrollada entre los pobladores de las riberas del Daule, a unos 20 kilómetros de Guayaquil, los campesinos utilizan una arcilla verdosa depositada por el río.

Todavía quedan por estudiarse las cuencas sedimentarias de Manabí, Esmeraldas, el Oriente, etc., donde existen numerosas Formaciones arcillosas terciarias.

La glauconita que se encuentra en la Formación Callo de la Costa, muchas ocasiones en cantidades apreciables, puede presentarse como una fuente para la extracción del potasio.

Como se mencionó en el capítulo concerniente a la alúmina, el caolín de la cuenca Azuay-Cañar podrá servir como una fuente para la extracción de alúmina.

TABLA 3. Indicaciones de Arcillas

Lugar	Características
Shuna-Abuga (1) (Cañar)	Caolinita y haloisita de buena calidad y cantidad. Tipo residual Alteración hidrotermal (?) de un macizo de dacita, que contiene feldespatos potásicos
Puyo (2) (Napo)	Caolín-tipo transportado (Terraza)
Pujilí (3) (Cotopaxi)	Caolín-(?)
Charasol (4) (Cañar)	Bentonita (montmorillonita-cal-cicalente) intercalado en lutitas terciarias
Bilován (5) (Bolívar)	Caolín (?)
Biblián (6) (Cañar)	Caolín (?)
Taday (7) (Cañar)	Caolín (?) Alteración de rocas piroclásticas cuaternarias
Bayas (8) (Cañar)	Caolín-(?)
Baños (9) (Azuay)	Caolín-(?)
Irquis (10) (Azuay)	Caolín (con bastante illita, cuarzo y hierro) – tipo transportado. Alteración de sedimentos volcánicos
Guarumales (11) (Azuay)	Caolín (?) – (?)
Catamayo (12) (Loja)	Caolín-(?)
Gonzanamá (13) (Loja)	Saponita (?)
Paccha (14) (El Oro)	Pirofilita – (?)
Tinajillas (15) (Azuay)	Caolín (con cristobalita) – tipo residual, 1000000 toneladas de reserva. Alteración hidrotermal (?) de rocas volcánicas
Socorro-Sizho (16) (Azuay)	? – tipo residual Alteración de rocas volcánicas
San Marcos (17) (Cañar)	Caolín (con cuarzo y cristobalita) – tipo residual Alteración meteórica de andesita
Cushín (18) (Azuay)	Caolín - (?)
Quito (19) (Pichincha)	Bentonita - (?)
Balzapamba (20) (Bolívar)	Caolín - (?)

(1) Mangez y Mosquera, 1959; Boulanger, 1963; U. N. D. P., 1969; Kisuka y otros, 1960 (2) Schneider, 1967; D. M. H., 1966 (3) Schneider. 1967; D. M. H., 1966 (4) U.N.D.P., 1969 (5) Mangez y Mosquera, 1959 N° 17; D.M.H., 1966. (6) D.M.H., 1966 (7) D. M. H., 1966; U.N. D. P., 1969 (8) D.M.H., 1966 (9) D. M. H., 1966; U.N. D. P., 1969 (10) Boulanger, 1963; U.N. D. P., 1969 (11) Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960 (12) Wolf, 1892; Villemur, 1967 (13) Wolf, 1892 (14) Wolf, 1892 (15) U.N. D. P., 1969 (16) U.N. D. P., 1969

ARSÉNICO

Los principales minerales económicos del arsénico son los minerales arseniosos de oro, plata, cobre, plomo y zinc. En América del Sur los principales países productores son Brasil, Perú y Argentina. En general los minerales de arsénico están asociados a los yacimientos de antimonio y de mercurio.

En Ecuador se conocen numerosos indicios de minerales arseniosos (véase el mapa correspondiente al capítulo del antimonio) de plata, cobre, plomo y zinc, siempre asociados con el antimonio en las sulfo-sales de plata, pero no existe ninguna producción. La única indicación de rejalgar en el Ecuador se encuentra en la provincia del Cotopaxi.

TABLA 4. Indicaciones de Arsénico

Lugar	Características
Cordillera de Zamora (1) (Zamora Chinchipe)	Peri-plutónico Veta de cuarzo con sulfuro de plata y arsenopirita
Molleturo (2) (Azuay)	Peri-plutónico Veta de cuarzo con sulfuros de plata, cobre, plomo y zinc
Portovelo (3) (El Oro)	Peri-plutónico Veta de cuarzo con oro; sulfuros de plata, cobre, plomo y zinc
Hacienda Maca Grande (4) (Cotopaxi)	? Existencia de rejalgar

(1) Wolf, 1892 (2) Putzer y Schneider, 1958 (3) Putzer y Schneider, 1958 (4) Ribadeneira, 1960; Erazo, 1960.

Como en el caso del antimonio, también existe abundante arsénico en el mundo, por lo cual la búsqueda de arsénico en el Ecuador carece de interés.

El arsénico se lo utiliza como raticida e insecticida; en la fabricación de ciertos esmaltes y pinturas protectoras, y en la industria metalúrgica.

AZUFRE Y PIRITAS

El azufre se encuentra en forma nativa en rocas sedimentarias y en los volcanes. Los mayores depósitos de azufre están relacionados con las grandes masas de sales en las cuencas sedimentarias de Texas y Luisiana (Estados Unidos de Norteamérica). En la Cordillera Andina se encuentra azufre macizo en los cráteres de los volcanes y como impregnación en las tobas volcánicas. En este caso el azufre proviene de la oxidación del gas sulfhídrico (SH_2) de las emanaciones volcánicas.

Otra fuente de azufre la constituyen las piritas (pirita, marcasita, pirrotina) y otros sulfuros metálicos. También se puede recuperar el azufre de la anhidrita y del yeso.

El azufre es un elemento muy importante en la industria química, como materia prima para la fabricación de ácido sulfúrico. Una tercera parte de este ácido se utiliza en la producción de los superfosfatos, materia prima para la elaboración de fertilizantes. El resto se utiliza en la refinación del petróleo, en la fabricación de productos químicos, pinturas, pigmentos, papel, explosivos y en siderurgia.

En el Ecuador, se conocen numerosas indicaciones de azufre de origen volcánico, de las cuales solamente una, Tixán (Chimborazo) ha sido explotada. Otros depósitos pequeños son, de vez en cuando explotados en forma artesanal, principalmente para el blanqueo de los sombreros de paja.

Poco se conoce acerca de las piritas, aparte de un estudio detallado en la zona de San Fernando (U.N.D.P., 1969) donde se creyó existía un depósito grande de pirita maciza.

Pero otros sitios son propicios para este tipo de yacimiento, por ejemplo, Tixán (Chimborazo); cerca de Tulcán (Carchi). El yacimiento polimetálico de Macuchi puede ser clasificado como depósito de pirita maciza, de origen volcánico ("Volcanismo exhalativo"). Además, numerosos yacimientos de sulfuros metálicos pueden servir de base para la extracción del azufre. En la Costa pocas indicaciones de azufre sedimentario se conocen; su interés es limitado, pero no debe olvidarse la prospección futura de esta zona.

El depósito de azufre de Tixán

El depósito se encuentra en un cráter andesítico del Pleistoceno. Soluciones hidrotermales de sílice han formado grandes cantidades de geyserita. Estas rocas fracturadas y porosas fueron impregnadas por azufre, que está acompañado por yeso y sulfatos ferríferos (melanterita, etc). El nombre local para esta mesa es el de Caliche, que tiene un promedio de 15 a 20% de azufre. Otra mesa es la Capa Rosa que está relacionada con la andesita. Esta Capa Rosa puede contener hasta 23% de azufre y aumenta las reservas del depósito. Desde 1968, este depósito es explotado en forma industrial por Fertisa para la fabricación de fertilizantes en Guayaquil. Según las informaciones recibidas, pronto el yacimiento de Tixán se agotará y se necesitará otras fuentes de azufre.

Por esta razón la búsqueda de nuevos yacimientos es muy importante en el Ecuador.

Acerca de la economía de los depósitos de pirita se debe consultar el informe de U.N.D.P.*[2](1969).

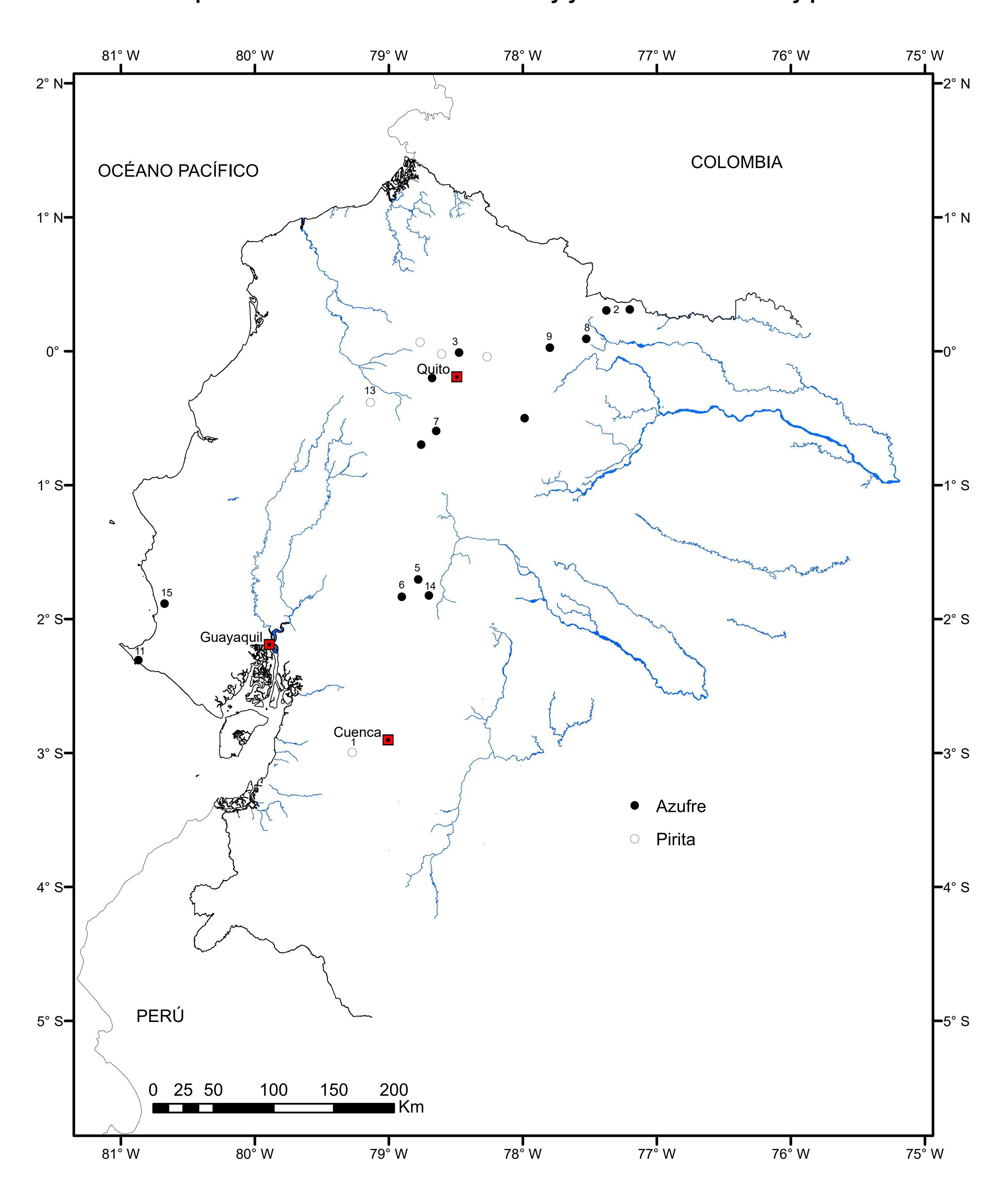
*** U.N.D.P. = United Nations Development Programme**

TABLA 5. Indicaciones de Azufre

Lugar	Características
San Fernando (1) (Azuay)	Sulfuros metálicos (pirita) en rocas volcánicas
Tufiño, Tulcán "Laguna Verde" (2) (Carchi)	Azufre – origen volcánico
Calacalí (3) (Pichincha)	Azufre – origen volcánico
Isla Isabela (4) (Galápagos)	Azufre – origen volcánico
Tixán (5) (Chimborazo)	Azufre – origen volcánico
Chunchi (6) (Chimborazo)	Azufre – origen volcánico
Isinliví (7) (Cotopaxi)	Azufre – origen volcánico
El Ángel (8) (Carchi)	Azufre – origen volcánico
Cotacachi (9) (Imbabura)	Azufre – origen volcánico
Malacatos (10) (Loja)	Impregnación de azufre y yeso en vetas de carbón
Punta Carnero (11) (Guayas)	Azufre en sedimentos
Virgina (12) (Cotopaxi)	Azufre – origen volcánico
Macuchi (13) (Cotopaxi)	Pirita maciza
Achupallas (14) (Chimborazo)	Azufre – origen volcánico
Manglaralto (15) (Guayas)	Azufre con yeso en sedimentos

(1) Yantis, 1943; U.N.D.P. 1969. (2) D.M.H., 1966 ; M.I.E., 1968 ; Putzer y Schneider, 1958; Ericksen, 1952. (3) D.M.H., 1966 (4) D.M.H., 1966 (5) D.M.H., 1966; M.I.E., 1968; Putzer y Schneider, 1958; Stoll, 1962 ; Mangez y Mosquera, 1959 ; Ericksen, 1962. (6) D.M.H., 1966; Ribadeneira, 1960; Erazo, 1960 (7) D.M.H., 1966; (8) M.I.E., 1968; Erazo, 1960 (9) M.I.E., 1968 (10) Wolf, 1892; M.I.E., 1968; Spindler y otros, 1959 (11) Wolf, 1892; Ribadeneira, 1960 (12) Erazo, 1960 (13) Takeda, 1968 (14) Ribadeneira, 1960 (15) Goossens, 1968

Mapa N° 3 Distribución de los indicios y yacimientos de azufre y pirita



BARIO

La fuente principal de barrio es el sulfato de bario, o baritina ($BaSO_4$) y en menor grado el carbonato: witherita ($BaCO_3$). Los depósitos principales son de tipo hidrotermal (relleno de fisuras o brechas) de tipo sedimentario (depósitos estratiformes singenéticos) y de tipo residual.

En América del Sur el principal productor de este mineral es Perú (más de 100000 toneladas en 1959). Otros países que explotan baritina son: Brasil, Argentina, Chile y Colombia.

En el Ecuador se ha descubierto indicaciones de baritina de tipo hidrotermal y residual.

TABLA 6. Indicaciones de Bario

Lugar	Características
Pilzhum (1) (Cañar)	Hidrotermal (ganga de los minerales metalíferos)
Macuchi – La Plata (2) (Cotopaxi-Pichincha)	Ganga con cuarzo de los minerales metalíferos
Zaruma (3) (El Oro)	Veta horizontal (0.75m) de baritina
Pascuales (4) (Guayas)	Residual 5000 toneladas de reserva de un material conteniendo 75% de baritina
San José de Minas (5) (Pichincha)	Existencia de baritina

(1) Wolf, 1892; Ribadeneira, 1960; Putzer y Schneider, 1958; Kizuka y otros, 1960; D.M.H., 1966 (2) Putzer y Schneider, 1958; Kizuka y otros, 1960; Boulanger, 1963; Takeda, 1968 (3) Wolf, 1892; Ribadeneira, 1960 (4) Putzer y Schneider, 1958; Kizuka y otros, 1960; U.N.D.P., 1969 (5) Ribadeneira, 1960

A pesar de su importancia, el único lugar donde se puede explotar el bario con cierto provecho, es en el área de Pascuales. Una información más detallada concerniente a este depósito se encuentra en U.N.D.P. (1969). Es probable la extensión de este depósito hacia el Oeste, cuyo, origen ha sido discutido por Goossens (1969). Es posible la recuperación de este mineral como producto secundario del yacimiento de plata de Pilzhum debido al alto contenido de baritina en las vetas.

Debido a la importancia económica que posee, la búsqueda de minerales de bario es aconsejable en el Ecuador. Es probable que se descubra un depósito de tipo sedimentario en las Formaciones calcáreas al pie de la cordillera Oriental sobre todo en las cercanías de un intrusivo.

El precio de una tonelada de baritina varía de 22 a 28 US (precio 1968). Pero al Ecuador le cuesta más de 50 US la tonelada de baritina importada.

El uso principal de la baritina es como lodo pesado para las perforaciones de petróleo. Se la utiliza también en la fabricación de vidrio, pintura y en la industria del caucho. El bario puro se lo utiliza para la fabricación de “lithopone” (precipitado de ZnS con $BaSO_4$) y en la industria química.

Mapa N° 4 Distribución de los indicios de bario y flúor

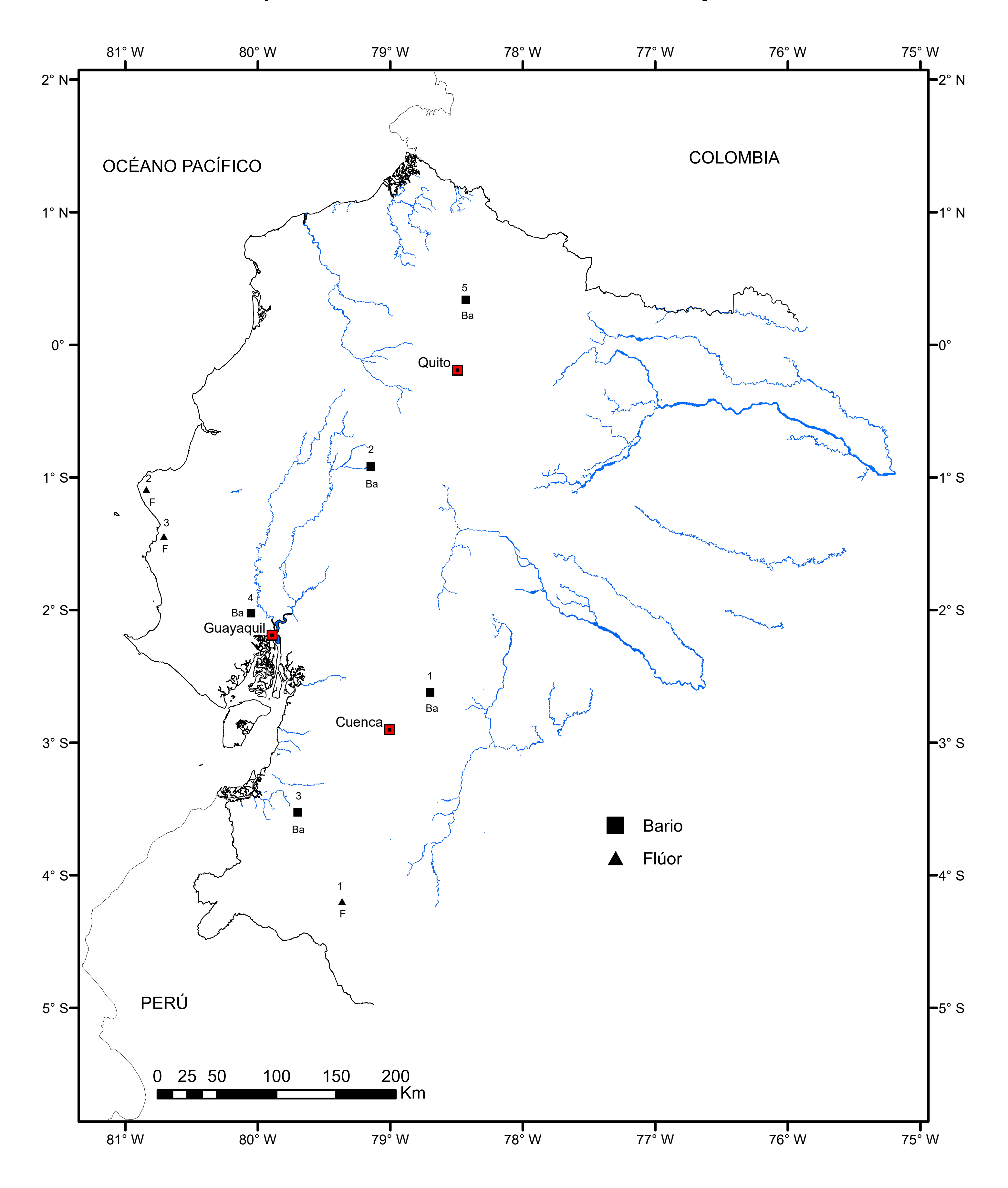


TABLA 7. Aplicaciones del Bario

Especificaciones	
Lodo de perforaciones	92 hasta 95% $BaSO_4$ (peso específico de 4.0 a 4.3) dimensiones: 325 mesh (al porcentaje de óxido de hierro no afecta)
"Lithopone" y las industrias químicas	Mínimo: 95% $BaSO_4$ Máximo: 1% Fe_2O_3 Dimensiones: 4 hasta 20 mesh
Fabricación de vidrio	Mínimo: 98% $BaSO_4$ Máximo: 1.5% SiO_2 0.15% Al_2O_3 0.15% Fe_2O_3 Dimensiones: 40 hasta 140 mesh (en ciertas ocasiones 325 mesh)

BISMUTO

El bismuto está asociado generalmente a los minerales de estaño, tungsteno, así como a los sulfuros de plomo, cobre y de vez en cuando, de cobalto-níquel. Los sulfuros son principalmente de plata (Matildita: $AgBiS_2$). Se ha descubierto minerales de bismuto en el suelo como óxido de bismuto (Bi_2O_3) y bismutinita (Bi_2S_3) así como bismuto nativo. Pero debido a la concentración débil de estos minerales, la extracción del bismuto se realiza como producto secundario de los minerales de cobre, estaño, tungsteno, oro, etc.

En América del Sur se encuentran los principales productores del mundo. En Perú el bismuto es extraído de los minerales de cobre, plomo y plata. En Bolivia se lo hace del cobre. El precio de una libra de Bi es de más o menos 4 US dólares (1967).

En Ecuador se han descubierto pocas indicaciones de Bi:

TABLA 8. Indicaciones de Bismuto

Lugar	Características
Pilzhum (1) (Cañar)	Tetraedrita rica en Bi
Sigsig (2) (Azuay)	Bismuto nativo (0.1 – 0.3% Bi) acumulado entre la pirrotina y la calcopirita

(1) Putzer y Schneider, 1958 (2) Putzer y Schneider, 1958

El bismuto se lo utiliza principalmente en aleaciones. También se lo emplea como compuesto medicinal e industrial.

BORO y los BORATOS

El boro es un elemento que aparece en la naturaleza en forma de sales cuya mineralogía es muy diversa. Los cuatro principales minerales que contienen boro son:

Ulexita: $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$

Colemanita: $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$

Bórax o borato: $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$

Kernita: $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$

Los depósitos importantes de Borato son las lagunas de aguas saladas asociadas a un volcanismo reciente o fósil y a los yacimientos marinos de potasio. Las fumarolas (soffioni) y las aguas termales contienen cantidades variables de ácido bórico H_3BO_3 (Italia, Estados Unidos, Chile, Tíbet, etc.).

Argentina es el tercer productor mundial de borato, así mismo se conocen pequeños depósitos en Chile, Bolivia y Perú.

La turmalina contiene 10% de óxido bórico (B_2O_3) pero hasta el momento no se lo considera como un mineral que puede ser empleado como fuente de Boro.

En el Ecuador no se conoce ninguna indicación de boro. Dwin (1964) menciona la existencia de borato al sur de Riobamba, pero no hace mención al respecto en su texto, y nadie ha podido comprobar la veracidad de su indicación; se trata probablemente de una ocurrencia de magnesita.

Sin embargo, hay la posibilidad de descubrir la existencia de boro en las fuentes de aguas termales. Hay que notar que cuatro análisis de aguas termales cerca de Cuenca – Azogues han dado valores elevados de Boro (13, 52, 105 y 131 ppm) (de Grys y otros, 1970).

En Italia, se recupera el boro de las aguas termales en la forma de ácido bórico empleando métodos de evaporación.

El uso principal del borato es como fundente, en la disolución de los óxidos resistentes. Así mismo se lo utiliza para trabajar los metales, en la industria de vidrio, de tipo Pyrex (12% B_2O_3) en ciertos esmaltes, como ablandador de agua, etc.

BROMO

Se lo encuentra principalmente en las aguas marinas y en ciertas algas. Se lo extrae como producto secundario de los yacimientos de sales de potasio.

En Sudamérica no se conoce ningún país productor de bromo. En el Perú recientemente se ha encontrado un depósito grande de fosfatos, con una reserva de 770000 toneladas de bromo.

En el Ecuador el único indicio de la existencia de bromo se encuentra en las aguas saladas de San Vicente de Baños, Guayas (Wolf, 1892). Según este autor, un litro de agua contiene 0.256 gramos de bromo.

No se tiene ninguna información sobre el contenido de bromo de las sales existentes en la Península de Santa Elena. Sería aconsejable que se realicen estudios para obtener dicha información; así mismo deberían realizarse investigaciones en las fuentes de aguas en toda la República y en las zonas donde se sabe de la existencia de sulfato de potasio, por ejemplo: en las cercanías de Latacunga, Cotopaxi.

El bromo puede ser empleado en diversos campos debido a sus propiedades químicas, y bactericidas y a su peso específico elevado.

CADMIO

El cadmio es un material poco definido. La Greenockita (CdS) es el único mineral de cadmio que, en ciertas ocasiones, presenta un interés económico. Generalmente el cadmio es recuperado como producto secundario de la esfalerita (ZnS), en la cual forma una solución sólida con el zinc.

En Sudamérica, en Perú se extrae el cadmio de la esfalerita explotada en el depósito de Cerro de Pasco.

En el Ecuador, la compañía C.I.M.A. en Portovelo luego de hacer uso de la esfalerita recupera el cadmio como producto secundario, sin embargo, es una producción de baja escala. En 1965 su producción era de 2731 libras y en 1966 de 1225 libras (D.M.H., 1966 y 1967).

A pesar de que en el año de 1968 hubo una superproducción de cadmio en el mundo occidental, este elemento no deja de tener interés.

El cadmio se emplea principalmente como revestimiento del hierro y acero. Su excelente resistencia a la corrosión lo hace necesario para varios usos.

CARBONO

Varios minerales están formados a base del carbono:

1) Carbón, hulla, asfalto y petróleo

a. — Carbón (y hulla)

Según la nomenclatura internacional se puede distinguir entre antracita y betún.

América del Sur es un continente pobre en este mineral. En Ecuador se explota pequeñas cantidades de un material llamado, según las normas A.S.T.M., sub-bituminoso (Pierce Management Corporation, 1966), el cual posee un poder calorífico entre el lignito y la antracita. Las minas donde se explota este material y la mayor parte de las indicaciones se concentran en las cuencas sedimentarias interandinas. Se ha descubierto indicaciones de “lignito” en las Formaciones sedimentarias de tipo continental, por ejemplo, la Formación de San Mateo en la provincia de Manabí, y de material carbonoso en la Formación cretácica de Hollín en el Oriente.

Hace mucho tiempo que se conoce de la existencia de “carbón” en Ecuador (ver Wolf, 1892). Algunas de estas ocurrencias fueron y continúan siendo explotadas. Se llevó a cabo diversos estudios para determinar la rentabilidad y quedó probado definitivamente que ninguno de los carbones explotados en Ecuador es propicio para el uso doméstico (debido al alto contenido de azufre y de cenizas). Sin embargo, queda la alternativa de poder utilizarlo como una fuente de energía para uso industrial (generalmente este carbón tiene un poder calorífico máximo de 4500 calorías). La empresa Guapán (de cemento) trató de utilizarlo de esta forma, pero no tuvo resultados satisfactorios debido a la dificultad de extraer el carbón.

El informe de la Pierce Management Corporation (1966) realizado por cuenta del U.N.D.P., establece definitivamente el hecho de que estos yacimientos no poseen ningún valor económico. U.N.D.P. (1969) concluye su informe general sobre los “carbones” recomendando se estudie la única posibilidad que resta, o sea la gasificación de los mantos de carbón existentes en la provincia de Cañar. ¿Será este el futuro de este mineral?

TABLA 9. Indicaciones de Carbón y Hulla

Lugar	Características
En la zona de Cariamanga en la dirección hacia Quilanga (1) (Loja)	“Carbón” estratificado en los sedimentos
En la zona entre Malacatos y Loja (2) (Loja)	Afloramiento de “carbón”
Loja (3)	Capas sucesivas de carbón en sedimentos arenosos y arcillosos (700m de espesor) asociados a pirita y yeso.
Biblián (4) (Cañar)	Dos sistemas de vetas contenidos en las arcillas terciarias, compuestos principalmente de lignito, vitrita y fusita
Alausí (5) (Chimborazo)	Varias capas de carbón en las arcillas terciarias
Malacatos (6) (Loja)	Igual que en Loja, en areniscas y arcillas terciarias, asociado con yeso, azufre y areniscas e hidrocarburos y con calizas petrolíferas
Nabón (7) (Azuay)	Capas de “lignito” en areniscas y arcillas terciarias
San Antonio (8) (Pichincha)	Lignito (?) impuro en sedimentos lagunosos del Pleistoceno
Palmira (9) (Chimborazo)	Capas de “carbón” en sedimentos miocenos
Penipe (10) (Chimborazo)	Tipo de “hulla – antracita” (?)

(1) Yantis, 1943 (2) Yantis, 1943 (3) Yantis, 1943; D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; U.N.D.P., 1969; Kizuka y otros, 1960; Villemur, 1967; Spindler y otros, 1959; Stoll, 1962; Ericksen, 1962; Putzer y Schneider, 1958 (4) Yantis, 1943; Boulanger, 1963 ; U.N.D.P., 1969; Pierce Management Corporation, 1966; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958; Stoll, 1962; Bennet, 1952; Frazer, 1952; Ericksen, 1962 (5) Yantis, 1943; ; D.M.H., 1966; Mangez y Mosquera, 1959; Mosquera, 1951 (6) ; D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; M.I.E., 1968; U.N.D.P., 1969; Kizuka y otros, 1960; Villemur, 1967; Spindler y otros, 1959; Stoll, 1962; Ericksen, 1962 (7) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; U.N.D.P., 1969; Putzer y Schneider, 1958 (8) Boulanger, 1963; U.N.D.P., 1969; Putzer y Schneider, 1958 (9) Boulanger, 1963; U.N.D.P., 1969; Putzer y Schneider, 1958 (10) Wolf, 1892

Sin embargo y con la única finalidad de completar este estudio, realizaremos una ligera revisión de la geología de los principales yacimientos de “carbón” en Ecuador.

Zona de Loja

Según D.M.H. (1966), dos minas se encuentran en explotación: "Loxa" y "La Hidra". Las reservas serían de 1.5 millones de toneladas de un "carbón" con un poder calorífico de 4500 – 5000 calorías. Según Yantis (1943), es un carbón bituminoso y es antracita según Boulanger (1963). Este se presenta en capas sucesivas que alcanzan en espesor de 77m entre ellas (Putzer y Schneider, 1958). Según estos últimos autores el "carbón" se ha transformado en carbón brillante por efecto del volcanismo plioceno.

Zona de Cañar

Según la D.M.H. (1966) siete minas se hallarían actualmente en explotación: "Cañari", "Caldera", "La Quemada", "Paccha", "G.M. Bruno", "La Morena" y "Santa Cecilia". Este depósito está formado de dos grandes sistemas de vetas: 1) "Washington" con tres mantos lenticulares y 2) "Cañari" con un manto principal de 2 a 5 metros. Estos sistemas pueden ser seguidos en el terreno a lo largo de 20 kilómetros y se encuentran separados el uno del otro por una distancia de 500 a 700m (U.N.D.P., 1969). Según Pierce Management Corporation (1966), las reservas comprobadas no pasan de 50000 toneladas. Sin embargo, las reservas estimadas son, aproximadamente, de 22 millones de toneladas (Yantis, 1943; Putzer y Schneider, 1958). El "carbón" está compuesto de 22.75% de material putrificado ("moisture"); 22.10% de cenizas; 4.5% de azufre y 61.25% de "carbón" (Yantis, 1943). Según U.N.D.P. (1969), el carbón es una mezcla de lignito, de vitrita y de una pequeña cantidad de fusita alternándose en la superficie con selenita, limonita y sulfatos de hierro.

Zona de Malacatos

Según D.M.H. (1966), las reservas son estimadas en 2.5 millones de toneladas. Las capas de "carbón" están acompañadas de yeso (Putzer y Schneider, 1958), de areniscas con hidrocarburos y azufre (Spindler y otros, 1959), y de calizas petrolíferas (M.I.E., 1968).

Zona de Palmira

Se menciona esta zona debido a la diferencia de opiniones que existe entre Boulanger (1963) quien considera que este depósito debería ser explotado y U.N.D.P. (1969) que opina lo contrario debido a la pequeñez del yacimiento.

b. — Asfalto

Las indicaciones de asfalto son numerosas principalmente en la cuenca sedimentaria de Azogues – Biblián, lugar que ha sido considerado por algún tiempo como posible yacimiento de petróleo. En este capítulo haremos también mención sobre las indicaciones de areniscas o esquistos bituminosos ("oil shale").

U.N.D.P. (1969) presenta una hipótesis muy interesante como explicación de la presencia de los afloramientos asfálticos en la zona de Cuenca y Azogues. Según este informe, la roca madre de donde provendría el asfalto sería la Formación de San Marcos (Cretácico Superior) compuesta de esquistos y calizas negras. Estas rocas poseen, además, un alto contenido de material orgánico, ya sea carbonoso o bituminoso. El efecto de los intrusivos ha producido una destilación por lo que el petróleo (o asfalto?) ha subido e impregnado los sedimentos terciarios. Este punto de vista es interesante debido a que puede aclarar si existe o no petróleo en la zona. Como hemos visto anteriormente, en muchos lugares todavía existen hidrocarburos no transformados en asfalto (Malacatos, La Unión, Nabón y Burgay). El efecto de los intrusivos generalmente es débil en las cuencas sedimentarias interandinas, por lo que persiste la posibilidad de que existan pequeños yacimientos de petróleo en estas zonas.

En cuanto a los esquistos y areniscas bituminosas y asfálticas existentes en la Costa y en el Oriente, no queda mucho por decirse, debido a que en estas zonas ya se explota el petróleo.

TABLA 10. Indicaciones de Asfalto

Lugar	Características
El Valle (1) (Azuay)	Asfalto (gilsonita) en vetas
Paccha (2) (Azuay)	Bitumen llenando fracturas en las areniscas
Malacatos (3) (Loja)	Arenisca impregnada con hidrocarburos y calizas petrolíferas (S. del Río, 1968)
La Unión (4) (Cañar)	Secreción de petróleo
Cojitambo (5) (Cañar)	Existencia de asfalto
Pichumaza (6) (Cañar)	Existencia de asfalto
Nalón y Burgay (7) (Cañar)	Vetillas de asfalto y secreciones de petróleo
Sta. Elena (8) (Guayas)	Esquistos y arenas bituminosas
Hollín (9) (Napo)	Areniscas bituminosas o carbonosas (?)
Provincia del Napo (10)	Calizas asfálticas de la Formación Napo

(1) Yantis, 1943; U.N.D.P., 1969 (2) Yantis, 1943; Wolf, 1892; U.N.D.P., 1969 (3) M.I.E., 1968; Spindler y otros, 1959 (4) U.N.D.P., 1969 (5) U.N.D.P., 1969; Wolf, 1892 (6) U.N.D.P., 1969 (7) U.N.D.P., 1969 (8) Bixby, 1939? (9) Bixby, 1939?; U.N.D.P., 1969 (10) Granja, 1967

c. — Petróleo

No es indicado tratar sobre el petróleo ecuatoriano en esta obra debido a que esta rama de la geología se ha desarrollado de tal forma que los métodos de prospección empleados en los yacimientos petrolíferos, son completamente diferentes de aquellos utilizados en los yacimientos metálicos.

Sin embargo, se desea enfatizar el interés que poseen las cuencas sedimentarias interandinas (ver la subdivisión precedente: Asfalto) así como el Golfo de Guayaquil (Goossens, 1968).

Para realizar un estudio más detallado de las probabilidades petroleras del Ecuador, se aconseja la lectura de los reportes de la Misión del Instituto Francés del Petróleo (1967, 1968).

2) Grafito

El grafito es un mineral formado por carbono puro, y es típico de las rocas metamórficas.

Se conoce cinco tipos principales de yacimientos.

a) Hojitas de grafito diseminadas en los sedimentos silíceos metamorfizados.

b) Hojitas de grafito diseminadas en mármoles.

c) Depósitos de grafito formados por el metamorfismo del carbón u otros sedimentos carbonosos.

d) Depósitos en vetas.

e) Depósitos en mármol, formados por metasomatismo.

En América del Sur, el único país donde se explota el grafito es Brasil (Minas Gerais).

En el Ecuador se ha descubierto ciertas indicaciones de grafito en los esquistos metamórficos de las dos cordilleras. No se conoce que se hayan realizado estudios ni análisis de muestras; el único informe más explícito es el de Herrera (1965) concerniente a un depósito probablemente económico ubicado en el río Blanco, cantón Baños, provincia del Tungurahua. Este autor ha descrito unos bancos de grafito de 10m de ancho por 50m de largo que contienen lentes y vetillas de grafito puro de los cuales, desafortunadamente, no sabe el porcentaje que poseen. En todo caso, si se presentara la ocasión de explotar grafito en el Ecuador, se debería, primeramente, investigar los esquistos grafitosos de las dos cordilleras.

Se lo utiliza especialmente en artículos refractarios, lubricantes, escobillas de carbón, revestimiento de fundiciones y pigmentos, en baterías, en la elaboración de lápices, en la industria del acero, etc. Su precio varía de acuerdo a la calidad y el tamaño.

TABLA 11. Indicaciones de Grafito

Lugar	Características
Baños (1) (Tungurahua)	Esquistos grafitosos
Azogues (2) (Cañar)	Esquistos grafitosos
Solapa (3) (Loja)	Existencia de grafito (?)
Penipe (4) (Chimborazo)	Esquistos grafitosos
Este de Fierro-Urcu, Catamayo, Loja (5) (Loja)	Esquistos grafitosos
Entre Pilas y Piedras (6) (?)	Esquistos grafitosos
Cochapamba (7) (Cañar)	Esquistos grafitosos
Morona Santiago (8) (Limón)	

(1) Boulanger, 1963; Herrera, 1965; Ribadeneira, 1960 (2) Boulanger, 1963 (3) Wolf, 1892 (4) Wolf, 1892; Ribadeneira, 1960 (5) Villemur, 1967 (6) Ribadeneira, 1960 (7) Goossens, 1969 (8) Observación personal, 1968

3) Diamante

El diamante, como el grafito, es un mineral de carbono nativo; pero al contrario de éste, el diamante es uno de los minerales más duros que se conocen.

El diamante se lo encuentra en dos tipos de yacimientos:

a) Yacimientos primarios en las kimberlitas.

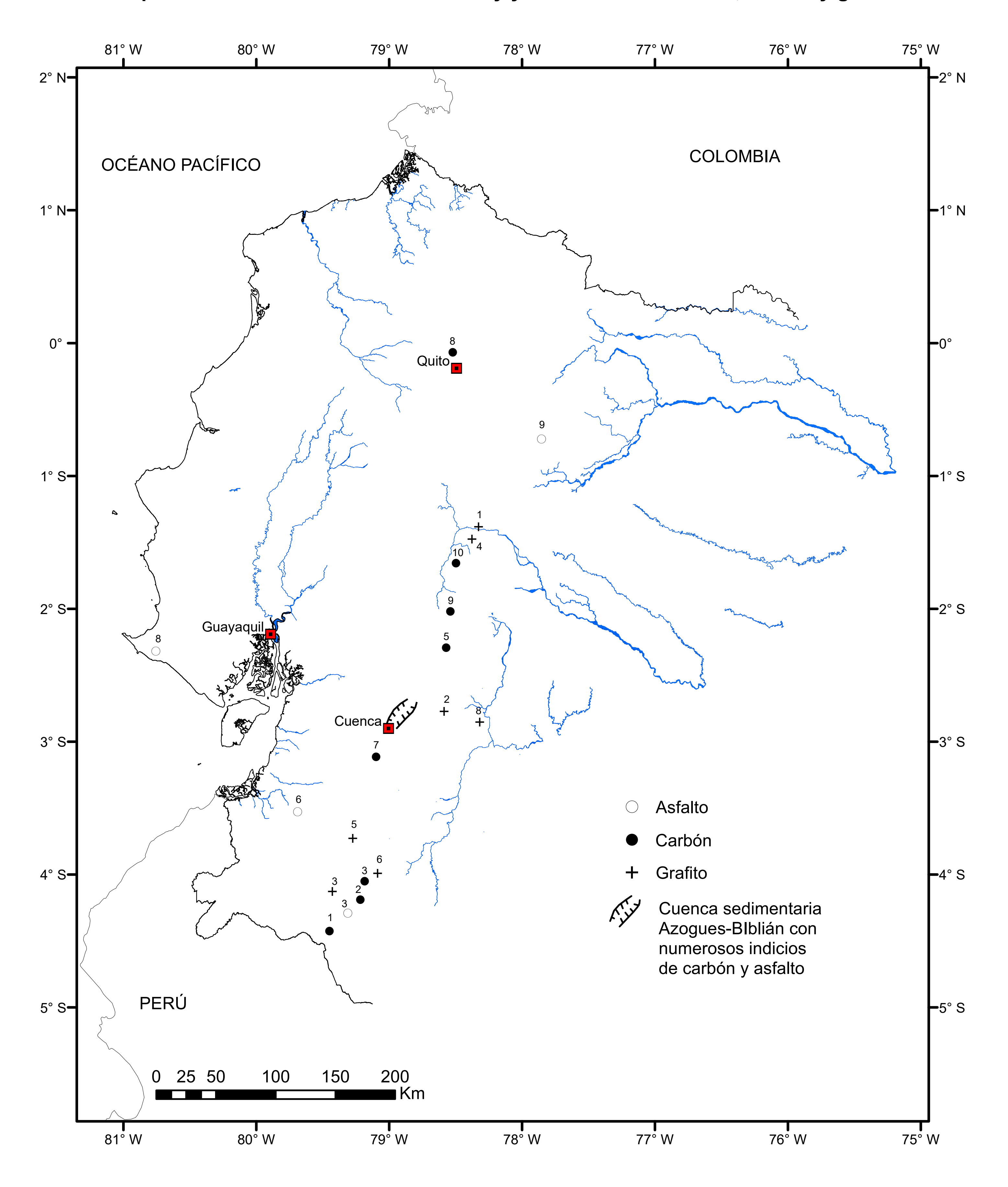
b) Yacimientos aluviales (Brasil)

En América del Sur los únicos países productores son Brasil con 600000 kilates (1967) y Venezuela con 68000 kilates (1967).

En el Ecuador no se sabe de la existencia de ninguna indicación de diamante, y se cree que no sea posible encontrar una roca del tipo de la kimberlita.

Más o menos un 83% de la producción de diamante es empleada en la industria, debido a sus propiedades ópticas, dureza, clivaje, y a su capacidad de mantener el brillo por largo tiempo; el porcentaje restante se lo usa en la joyería.

Mapa N° 5 Distribución de los indicios y yacimientos de carbón, asfalto y grafito



COBALTO

El cobalto se presenta en la naturaleza como elemento acompañante del cobre, níquel, hierro, plata, manganeso, plomo y zinc.

Los principales minerales del cobalto son los sulfuros (carollita: Co_2CuS_4 y linnacita: Co_3S_4), los arseniuros (anialtita: (Co, Ni)As_2; safflorita: (Co, Fe)As_2; skutterudita: CoNiAs y cobaltita: CoAsS) y los óxidos (asbolita:$CoO{\cdot}2MnO_2{\cdot}4H_2O$; heterogenita: $CoO{\cdot}2Co_2O_3{\cdot}6H_2O$).

Como el cobalto no se presenta por si solo en concentraciones económicas, su economía depende de su existencia en los depósitos de cobre y otros metales a los que se encuentra asociado.

Las rocas ultrabásicas tales como las serpentinas son las que normalmente contienen un porcentaje económico de cobalto, asociado con níquel y cromo. Ciertas rocas básicas contienen cobalto en porcentaje económico, asociado con hierro, níquel y cobre. El suelo formado por la alteración de estas rocas, generalmente en clima tropical (lateritización), puede contener el cobalto en un porcentaje económico. Algunos depósitos de donde también se extrae el cobalto son de tipo hidrotermal; el principal de este tipo es el de Katanga-Rhodesia del Norte, que es el primer productor de cobalto. Se debe mencionar así mismo que en Finlandia, el cobalto es recuperado de las piritas cupríferas de Autokumpu.

América del Sur no es un continente rico en yacimientos de cobalto.

En Ecuador se conoce pocos indicios, los principales se encuentran en la Formación “Piñón” (Complejo Ígneo) de la Cordillera Occidental.

TABLA 12. Indicaciones de Cobalto

Lugar	Características
Cordillera Occidental (1)	? Pequeños granos de cobaltina asociados con calcopirita y pirrotina
Saloya (2) (Pichincha)	? Cobalto asociado con níquel, cromo y platino
Este de Santa Isabel (3) (Azuay)	? Existencia de eritrina en el complejo ígneo (diabasa)

(1) Ribadeneira, 1960 (2) Ribadeneira, 1960 (3) Comunicación verbal

Aunque los indicios conocidos de cobalto son raros, existen posibilidades que se encuentren depósitos económicos de cobalto principalmente en las pendientes de la cordillera occidental asociados con las rocas ultrabásicas del complejo ígneo (diabasas).

El principal uso del cobalto es en las aleaciones de acero (“alnico”) para alta temperatura, principalmente para la industria aeronáutica. Otros usos son: como secador para pintura, colorantes para vidrios, etc.

COBRE

El cobre es uno de los elementos que el hombre ha utilizado desde la antigüedad; se encuentra concentrado en forma económica en una gran variedad de depósitos que van desde las rocas intrusivas hasta las sedimentarias. Su forma mineralógica es igualmente muy amplia.

TABLA 13. Porcentaje de cobre en los minerales

Mineral	Composición	% Cu
Cobre Nativo	Cu	100
Óxidos, Carbonatos, Silicatos, Sulfatos, Cloruros		
Cuprita	Cu_2O	88.8
Tenorita	CuO	79.8
Malaquita	$CuCO_3{\cdot}Cu(OH)_2$	57.3
Azurita	$2CuCO_3{\cdot}Cu(OH)_2$	55.1
Crisocola	$CuSiO_3{\cdot}2H_2O$	36.0
Antlerita	$Cu_3SO_4{\cdot}(OH)_4$	54.0
Brochantita	$Cu_4SO_4{\cdot}(OH)_6$	56.2
Atacamita	$Cu_2Cl{\cdot}3Cu(OH)2$	59.4
Sulfuros-Arseniuros-Antimoniuros		
Calcopirita	$CuFeS_2$	34.5
Bornita	Cu_5FeS_4	63.3
Calcosina	Cu_2S	79.8
Covelina	CuS	66.4
Enargita	Cu_3AsS_4	48.3
Tetraedrita	$Cu_3Sb_2S_7$	52.1
Tennantita	$Cu_2As_2S_7$	57.0

Los minerales de cobre pueden clasificarse entres grupos de acuerdo a la temperatura de formación:

1) Los minerales llamados primarios (o hipógenos), como la bornita, la calcopirita y la enargita.

2) Los minerales supergenos, formados por la alteración meteórica de los sulfuros de cobre, por ejemplo: la cuprita, la malaquita, la azurita y la crisocola.

3) Los minerales formados al nivel de la napa freática, zona de enriquecimiento secundario, tales como la calcosina y la covelina.

Las reservas de cobre más importantes se encuentran en los depósitos del tipo “pórfido cuprífero”. En este tipo de depósito el cobre se encuentra diseminado principalmente en los intrusivos, pero también en otros tipos de roca, generalmente de baja ley, pero de gran volumen. Este tipo contiene, así mismo, cantidades recuperables de oro, plata y molibdeno. El tonelaje, la explotación a cantera abierta y los sub-productos hacen que este tipo de depósito, aunque posea una baja ley de cobre, sea económico. Los depósitos de pórfido cuprífero de América del Sur y América del Norte se encuentran considerados entre los más grandes del mundo.

El cobre se presenta también en forma de vetas, generalmente relacionado con intrusivos.

En las rocas sedimentarias, el cobre se presenta en forma estratiforme al contacto de intrusivos masivos, como producto de reemplazo o en forma singenética.

Como se mencionó anteriormente, América del Sur es uno de los continentes más ricos en cobre. Chile, por ejemplo, ha explotado en 1968, 725000 toneladas de cobre; Perú 180000 toneladas en el mismo año.

En el Ecuador, se produce cobre en las minas de Portovelo. Numerosas indicaciones de cobre existen a lo largo de la serranía ecuatoriana; algunas de ellas muy prometedoras, han sido estudiadas en detalle: los depósitos e indicaciones de Molleturo, Portovelo, Fierro-Urcu, Sigsig, Macuchi, La Plata, Pilzhum, Sigchos, Chaucha, San Miguel y Guarumales. Con excepción de los depósitos de Chaucha y San Miguel que se encuentran asociados con molibdenita; los restantes son polimetálicos.

En la sección, dedicada al cobre, se describirá con cierto detalle los depósitos de Macuchi y Chaucha, reservándose la descripción de los restantes para más adelante.

a) Depósito polimetálico de Macuchi

Parece que el depósito de Macuchi fue descubierto por los españoles, pero luego se perdió su rastro, y se lo volvió a encontrar por el año de 1935. Durante la segunda guerra mundial, la compañía americana, “Cotopaxi Exploration Company”, explotó el oro, dejando los minerales restantes. Se considera que contiene suficiente cobre para explotarlo fructuosamente.

El pueblo de Macuchi se encuentra ubicado en las pendientes de la Cordillera Occidental y su depósito se encuentra situado dentro de las rocas volcánicas terciarias y cerca de las rocas básicas del complejo ígneo intrusivo. La falla Mercedes de dirección N-S parece controlar la mineralización, la cual se presenta en forma lenticular y en concordancia con la estratificación. La mineralización consiste principalmente de calcopirita y pirita con bornita, blenda, galena, oro, enargita y malaquita, y limolita como mineral de alteración. Según Putzer y Schneider (1958), la pirita masiva forma la fase mesotermal y el cobre conjuntamente con el oro, la fase epitermal.

Kizuka sugirió que el depósito de Macuchi es similar a los depósitos de sulfuros masivos (“Mineral Negro”). Esta hipótesis fue descrita más ampliamente por Takeda (1968), quien describe las menas de la siguiente forma:

1) Mena piritosa compacta, la cual se subdivide en: 1.1) Mena de grano grueso (pirita, calcopirita, esfalerita con tetraedrita, galena, bornita y covelina; 1.2) Mena de grano fino (pirita, calcopirita, esfalerita).

2) Mena diseminada de pirita con calcopirita, esfalerita y galena.

3) Mena abundante en calcopirita compacta con pirita, esfalerita conjuntamente con galena y tetraedrita.

4) Mena de esfalerita-galena acompañada de pirita coloidal y calcopirita. El cuerpo mineralizado principal tiene un ancho de 18m y un largo de 125m; el contenido promedio sería de: 5% Cu, 0.27 oz Au y 0.3 de Ag.

b) Depósito de cobre-molibdeno de Chaucha

Descubierto recientemente por un equipo de exploración del Servicio Nacional de Geología y Minería y del Proyecto Minero de Naciones Unidas, este depósito presenta todas las características del pórfido cuprífero.

Ubicado en las pendientes de la Cordillera Occidental, Chaucha es vecino de un intrusivo mineralizado posterior a las rocas metamórficas y al complejo ígneo, pero se encuentra cubierto por los piroclastos del plioceno. La mineralización consiste de calcopirita diseminada que se encuentra llenando fracturas, y de molibdenita; una alteración secundaria ha producido una mineralización de malaquita. La descripción detallada de este depósito puede encontrarse en uno de los informes del U.N.D.P. (1969).

El conocimiento de la existencia de vetas polimetálicas de cobre y oro a lo largo de las pendientes de la Cordillera Occidental, las indicaciones de cobre-molibdeno, **(*)**[3]hacen de esta parte de la Cordillera Occidental un lugar privilegiado para futuras prospecciones.

Como se puede apreciar, Ecuador es un país con muchas posibilidades de encontrar depósitos ricos en cobre; por lo tanto, deben intensificarse las prospecciones.

El cobre se mantiene a un precio elevado y estable, el ambiente económico mundial es favorable para la explotación de nuevos yacimientos. Sus propiedades físicas como la de ser buen conductor de electricidad y calor, resistencia a la corrosión, buena conductibilidad y maleabilidad, y su gran tenacidad, hacen de este elemento un producto muy usado en la industria.

(*) La concentración de indicaciones de cobre en la parte sur del país, principalmente en la provincia de Loja, colocan a esta provincia en un lugar privilegiado para futuras prospecciones. La Cordillera Oriental, poco conocida debido a la dificultad de penetración es también considerada una zona prometedora.

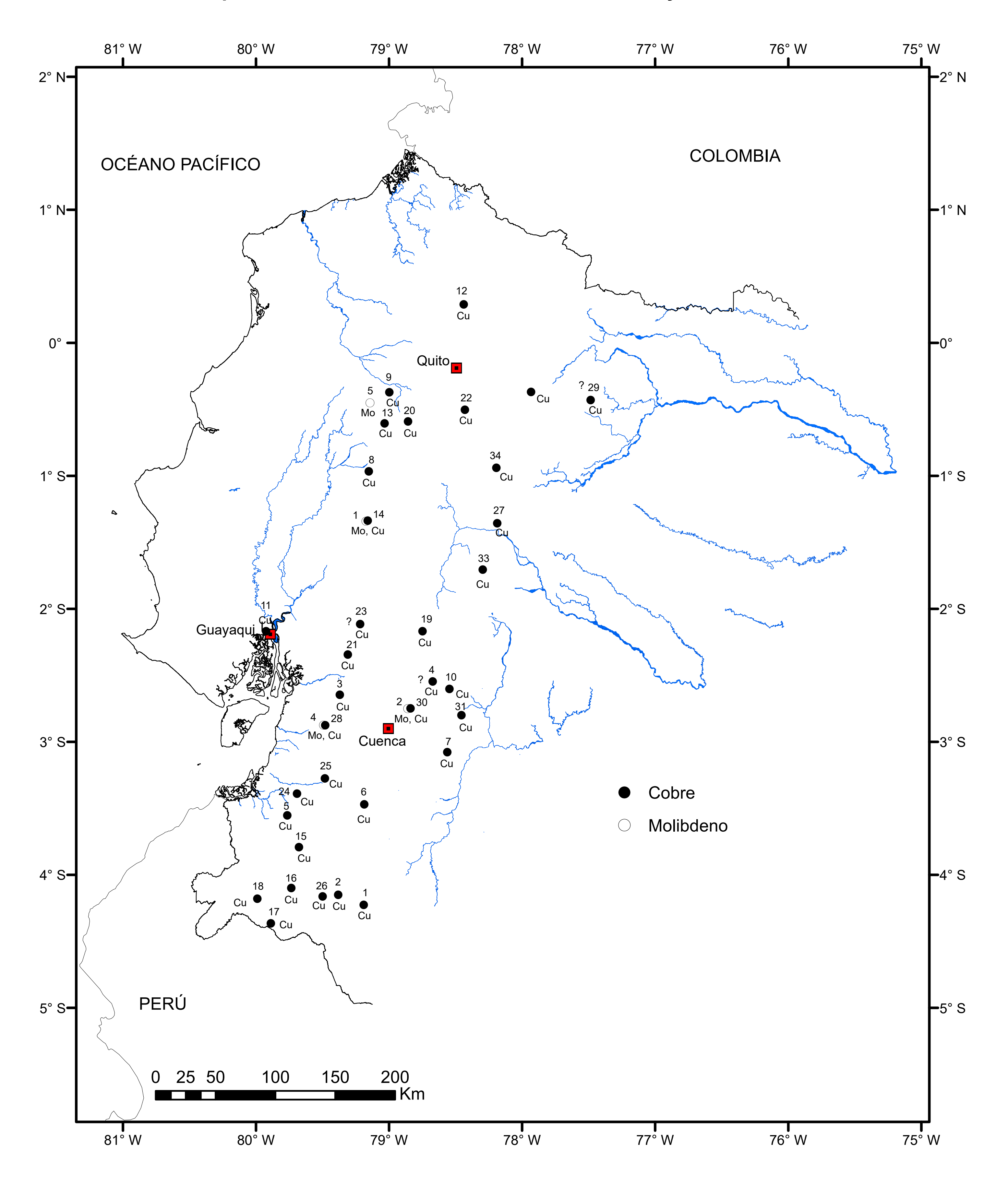
TABLA 14. Indicaciones de Cobre

Lugar	Características
Malacatos (1) (Loja)	? Vetas polimetálicas llenando fracturas (con plomo, oro, plata)
San Miguel (2) (Loja)	? Cuprita y malaquita diseminada en vetillas porfídicas (1.7% Cu) (Wolf, 1892). Yantis no ha encontrado cobre
Río Curiaco (4) (Azuay)	? Calcopirita y bornita con manchas de malaquita (Yantis). (El autor no ha podido localizar las indicaciones).
Portovelo (5) (El Oro)	Peri-plutónico Vetas polimetálicas (producción 1966: 491000 libras) con oro, plata, plomo y zinc.
Fierro-Urcu (6) (Loja)	Intrusivos (contacto intrusivo, rocas metamórficas) Vetas polimetálicas-calcopirita
Sigsig (7) (Azuay)	? Vetas polimetálicas en rocas metamórficas-calcopirita (5 a 27% Cu)
Macuchi (8) (Cotopaxi)	Tipo hidrotermal o de reemplazo. Filones polimetálicos (5% Cu) calcopirita con oro, plata, plomo y zinc.
La Plata (9) (Pichincha)	Tipo hidrotermal o de reemplazo. Filones polimetálicos-calcopirita (6.3% Cu) con plomo, zinc, oro y plata.
Pilzhum (10) (Cañar)	Peri-plutónico Filones polimetálicos con cobre gris enargita, tetraedrita (2% Cu)
Pascuales (11) (Guayas)	Intrusivos-tipo hidrotermal Vetas polimetálicas-calcopirita con oro, plomo y zinc
Nanegal (12) (Pichincha)	? Calcopirita en una veta de pirita (1% Cu)
Sigchos (13) (Cotopaxi)	Peri-plutónico Vetas polimetálicas de calcopirita, enargita, tetraedrita, con plata, oro, plomo y zinc
Talagua (14) (Bolívar)	Intrusivos-tipo pórfido cuprífero. Diseminación de calcopirita con molibdenita
Olmedo (15) (Loja)	Intrusivo Silicato de cobre con estibnita y magnetita
Río Cosanga (16) (Loja)	Intrusivo Existencia de óxidos de cobre
Macará (17) (Loja)	Intrusivo Calcopirita en vetillas
Catamayo (18) (Loja)	Intrusivo Calcopirita y minerales secundarios de cobre
Tixán (19) (Chimborazo)	? Impregnación de cobre en andesita (2% de Cu)
Toachi (20) (Pichincha)	Stockwork Presencia de calcopirita y malaquita en vetillas
Bucay (21) (Guayas)	? Existencia de bornita, calcosina y malaquita
Rumiñahui (22) (Pichincha)	? Existencia de calcopirita

Las Herrerías (23) (Bolívar)	? Existencia de calcosina
Yunguilla (24) (Azuay)	? Existencia de calcosina
Girón-Pasaje (25) (Azuay)	? Existencia de malaquita
Catacocha (26) (Loja)	? Existencia de sulfuros de cobre
Río Verde (27) (Tungurahua)	? Vetas de calcopirita en rocas metamórficas
Chaucha (28) (Azuay)	Tipo pórfido cuprífero Diseminación de calcopirita y molibdenita
Provincia de Napo (29)	? Existencia de calcopirita granulada en areniscas grises
San Miguel (30) (Cañar)	Intrusivos (Stockwork) Existencia de manchas de malaquita en toba, y calcopirita con molibdenita en intrusivos
Guarumales (31) (Azuay)	? Existencia de minerales de cobre y plata
Papallacta (32) (Pichincha)	? Existencia de carbonato de cobre
Alao (33) (Chimborazo)	? Calcopirita en rocas metamórficas
Llanganates (34) (Cotopaxi)	? Existencia de minerales de cobre

(1) Yantis, 1943 (2) Wolf, 1892 (3) Yantis, 1943; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider,1958 (4) Yantis, 1943; U.N.D.P., 1969 (5) D.M.H., 1965 y 1966; Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960 (6) D.M.H., 1965; Spindler y Herrera, 1959 (7) Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958; Spindler y Herrera, 1959; Ericksen, 1962; Harrington, 1957 (8) Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958; Stoll, 1962; Takeda y otros, 1963; Mangez y Mosquera, 1959; Ericksen, 1962 (9) Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 Stoll, 1962; Bamba, 1962; Ericksen, 1962; Harrington, 1957 (10) Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (11) Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958; U.N.D.P., 1969 (12) Kizuka y otros, 1963 (13) Putzer y Schneider, 1958; Spindler y Herrera, 1959; Ericksen, 1962; Jarrel, 1940 (14) Putzer y Schneider, 1958 (15) Villemur, 1967 (16) Villemur, 1967 (17) Villemur, 1967 (18) Villemur, 1967 (19) Krochin, 1959 (20) Erazo, 1960; Hudson, 1918 (21) Ribadeneira, 1960 (22) Ribadeneira, 1960 (23) Ribadeneira, 1960 (24) Ribadeneira, 1960 (25) Ribadeneira, 1960 (26) Wolf, 1892 (27) Rico, comunicación verbal (28) U.N.D.P., 1969 (29) Comunicación verbal (30) U.N.D.P., 1969 (31) Comunicación verbal (32) Boulanger, 1963 (33) Boulanger, 1963 (34) Comunicación verbal

Mapa N° 6 Distribución de los indicios de cobre y molibdeno



CORINDÓN Y ESMERIL

El corindón es un óxido de aluminio. Cuando el óxido de aluminio (Al_2O_3) se encuentra en forma totalmente pura, produce las piedras preciosas conocidas como rubí y zafiro. En este capítulo se tratará únicamente del corindón como abrasivo. El esmeril es una mezcla de corindón, magnetita y otros minerales.

El corindón existe en diferentes rocas ígneas y en ciertas rocas metamórficas; algunos depósitos aluviales poseen también corindón. El esmeril es un producto del metamorfismo de contacto regional.

No se tiene información de ningún país productor de corindón o esmeril en América del Sur. En Ecuador no existen estos materiales abrasivos.

La única referencia la realiza Yantis (1943) al mencionar la posibilidad de su existencia en Ludo (provincia del Azuay), a 8km al Suroeste de San Bartolomé, en antiguos túneles dentro de una roca arcillosa suave (sienita alterada) en la cual existen granos diseminados de corindón, pero el autor no ha podido confirmar su existencia.

El corindón y el esmeril se emplean como materiales abrasivos. En los últimos años el uso de estos productos naturales ha sido parcialmente reemplazado por productos artificiales.

CROMO

El principal mineral de cromo es la cromita (Mg, Fe) $(Cr, Al, Fe)_2O_4$. La cromita ocurre en peridotitas, piroxenitas y anfibolitas, en masas irregulares o lenticulares.

La única referencia sobre minerales que contienen cromo que pueden existir en el Ecuador, la realizó Ribadeneira (1960) al indicar que estos ocurren en las serpentinitas cercanas a Saloya.

Muy pocas indicaciones existen en Sudamérica; algunas en Colombia.

Debido a que se tiene muy poca información concerniente a la ocurrencia de rocas ultrabásicas en el Ecuador, es difícil señalar zonas propicias para prospectar. Sin embargo, en la Cordillera Occidental existen algunas serpentinas poseedoras de níquel, siendo el único lugar propicio para una futura prospección en busca de cromo o cromita.

La industria metalúrgica consume el 60% de la producción mundial de cromo, la industria refractaria el 28% y la química el restante.

DIATOMITA

La diatomita es una roca formada por algas fósiles llamadas diatomeas, las cuales han secretado sílice, formando mezclas microscópicas de espinas silíceas, que constituyen la evidencia de que los depósitos de diatomita son típicamente de ambiente marino o lacustre.

Sus cualidades físicas son principalmente: textura, porosidad, baja densidad aparente, resistencia, elasticidad, inercia química, conductor débil de calor, color claro, alta temperatura de fusión y gran superficie por unidad de peso.

Otras rocas silíceas, pero que no están formadas exactamente por diatomeas, pueden poseer las mismas características físicas. Este es el caso en el Ecuador, donde se ha localizado rocas silíceas que presentan estas cualidades. Las únicas referencias de rocas formadas por diatomeas son las dadas por el I.F.P., concerniente a las rocas sedimentarias de la costa ecuatoriana; pero ningún estudio físico ni económico se ha llevado a cabo.

El principal uso de la diatomita es como filtro para agua potable, bebidas alcohólicas, etc. Se lo utiliza también como material para aislamiento térmico y acústico, como absorbente, abrasivo, para la elaboración de cementos livianos y varios otros usos.

TABLA 15. Indicaciones de Diatomita

Lugar	Características
Loja (1)	Gran depósito de rocas blancas (84% SiO_2) con una densidad aparente de menos de 0.7
Sucre (2) (Guayas)	Idem – rocas sedimentarias de edad Oligocena
Provincia de Cotopaxi (3)	Depósito de diatomita en sedimentos lacustres
Provincia de Pichincha (4)	Material silíceo (80% SiO_2) formado por agujas entrecruzadas, de peso específico aparentemente bajo

(1) U.N.D.P., 1969 (2) U.N.D.P., 1969 (3) Ericksen, 1962 (4) Erazo, 1960 (I.F.P. Instituto Francés del Petróleo)

TABLA 16. Composición química de la Diatomita comercial

SiO_2	85-92%
Al_2O_3	4-10%
Fe_2O_3	0.8-2.0%
CaO	0.1-2.0%
MgO	0.1-2.0%
Alcalinos	0.28-1.5%
Perdida al fuego	5-8%
Materia orgánica	0-3%

FELDESPATO

El Feldespato es un sílico-aluminato de potasio, sodio o calcio. Las pegmatitas pueden contener grandes cristales de Feldespato, pero las rocas feldespáticas (intrusivos) son también una buena fuente de feldespato. Se concentra los granos de feldespato por flotación, así como las arenas feldespáticas. Como fuente de metales alcalinos, el feldespato puede ser substituido por las sienitas, nefelinas y aplitas.

En Ecuador debido a la escasez de pegmatita, no se conocen depósitos comerciales de feldespato con excepción de dos indicaciones en rocas pegmatoides.

TABLA 17. Indicaciones de Feldespato

Lugar	Características
Ligzhu (1) (El Oro)	Dique de rocas pegmatitas con bastante feldespato
Las Juntas (2) (Loja)	Dique de rocas pegmatitas con cristales de feldespato

(1) Yantis, 1943 (2) Wolf, 1892

La industria de vidrio es la principal consumidora de feldespato seguida por la industria cerámica y de acabados. El feldespato se utiliza también en la fabricación de varias pastas, tales como la empleada para la confección de dientes postizos.

FLÚOR

La fluorita (CaF_2) es uno de los pocos minerales que contiene flúor; la criolita lo contiene también (Na_3AlF_6) pero se la encuentra más difícilmente.

La fluorita se encuentra en todo tipo de roca, pero los depósitos económicos se concentran en rocas sedimentarias como producto de reemplazo de la caliza (epigenético) o depositada al mismo tiempo que la roca encajante (singenético). En este tipo de depósito, la fluorita se encuentra acompañada de zinc y plomo. La fluorita es también un componente de las gangas de los minerales metálicos.

En Ecuador se conocen solamente tres indicaciones (ver mapa en el capítulo del Bario) pero no son económicas.

TABLA 18. Indicaciones de Flúor

Lugar	Características
Malacatos (1) (Loja)	Fluorita formando ganga con el cuarzo
San Lorenzo (2) (Manabí)	Fluorita con jaspe acompañando a mineral de plata
Puerto Callo (3)	Fluorita en vetillas de jaspe

(1) Wolf, 1892 (2) Goossens, 1967, 1968; U.N.D.P. 1969 (3) Goossens, 1967, 1968; U.N.D.P. 1969

La fluorita se utiliza principalmente en la fabricación de ácido fluorhídrico, de criolita sintética para la industria del aluminio. La industria siderúrgica la emplea como fundente; y en menor cantidad la industria cerámica y química.

GALIO

A pesar de que la distribución del galio en la corteza terrestre es similar a la del plomo (15 ppm Ga por 16 ppm Pb), no existen depósitos de minerales de galio tales como vetas de galena, etc. El único mineral de galio conocido es la gallita ($CuGaS_2$), pero es muy escaso. El galio es un producto secundario de los depósitos de esfalerita, de baritina y de las cenizas del carbón que pueden contener 0.001 a 0.02% en la esfalerita y 0.01% en la bauxita.

En el Ecuador no se conoce ninguna indicación de esfalerita con galio, lo cual posiblemente se debe a que no se ha dado mucha importancia a la existencia de dicho metal. Sin embargo, se podría analizar la esfalerita de Portovelo y otras ocurrencias de este mineral o las cenizas del carbón utilizado para la fabricación de cemento en Guapán (Cañar); pero debido a que las reservas de galio son abundantes, la necesidad de realizar una prospección es reducida.

El galio se lo emplea principalmente en la fabricación de termómetros y semiconductores.

GRANATE

El granate es un silicoaluminato de manganeso, de hierro y de calcio, o de magnesio. Ciertas variedades son utilizadas como preciosas; en este capítulo trataremos únicamente sobre el granate industrial.

El granate es un mineral típico de las rocas metamórficas y se encuentra dentro de ellas en concentraciones, muchas veces, de valor económico.

En Ecuador se sabe que las rocas metamórficas contienen granate pero no en concentraciones económicas.

Se lo utiliza principalmente como abrasivo.

HIERRO

El hierro es uno de los elementos fundamentales para la industria. El contenido promedio de hierro en la corteza terrestre es de 5.06%. Se conoce diferentes tipos de yacimientos económicos. El más importante es la hematita sedimentaria. Luego los depósitos de hematita y magnetita en las rocas metamórficas y, por fin, los depósitos de reemplazamiento en vetas. Los minerales económicos principales de hierro son la limonita, la siderita, la hematita y la magnetita. Los inmensos depósitos de hierro con baja ley encontrados estos últimos años en Estados Unidos, U.R.S.S., Brasilia, África Occidental han aumentado casi al infinito las reservas mundiales de este elemento. En Venezuela se ha producido en 1968, 16.2 millones de toneladas de hierro. Brasil en 1968 ha producido 20 millones de toneladas de hierro. Chile durante el mismo año ha producido 11 millones de toneladas. Perú ha producido en 1968, 87000 toneladas de acero. Argentina y Colombia son países también productores de hierro, pero en menor cantidad.

En Ecuador, se conocen muchas indicaciones de minerales de hierro. Entre ellos, la más importante, aunque sub-económica es la de Pascuales (Guayas). Se ha calculado una reserva de 500000 toneladas de mineral de hierro de buena calidad. Son vetas o lentes estrechas de hematita y especularita, dentro de rocas diabásicas (U.N.D.P, 1969). Aunque se ha efectuado algunos estudios, como el levantamiento aerogeofísico, el Ecuador parece no presentar muchas esperanzas para encontrar depósitos grandes como para establecer una planta siderúrgica; de todas maneras, faltará siempre carbón de buena calidad para este fin.

TABLA 19. Indicaciones de Hierro

Lugar	Características
San Miguel (1) (Loja)	Presencia de hematita
Quebrada Guato (2) (Loja)	Impregnaciones de hematita y magnetita
Pascuales (3) (Guayas)	Vetas de hematita en rocas diabásicas
Río Guataxi (4) (Chimborazo)	Ocre depositado por fuente de agua
Mangaurcu (5) (Azuay)	Cantos rodados de hematita
Playas de Guayas, Manabí y Esmeraldas (6)	Arenas negras de magnetita titanífera
Selva Alegre (7) (Imbabura)	Ocre
Juan Montalvo (8) (Pichincha)	Ocre
Cuyugna (9) (Cotopaxi)	Impregnación de pirrotina
Montecristi (10) (Manabí)	Presencia de magnetita
Sigsicunga (11) (Imbabura)	Ocre (o limonita) “bog ore” presencia de aguas minerales
Cariamanga (12) (Loja)	Cantos rodados de magnetita procedente del metamorfismo de contacto
Guanujo (13) (Bolívar)	Presencia de hematita
Chunchi (14) (Chimborazo)	Presencia de hematita
Isla Santiago (15) (Galápagos)	Presencia de magnetita
Saloya (16) (Pichincha)	Impregnación de hierro en rocas serpentinitas
Saquisilí (17) (Cotopaxi)	Hematita y goetita en serpentinitas

(1) Yantis, 1943 (2) Yantis, 1943 (3) Yantis, 1943; D.M.H., 1966; Boulanger, 1963, Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958, Bixby, 1965; Erazo, 1960, Goossens, 1967, 1968; U.N.D.P, 1969 (4) Yantis, 1943 (5) Stueby, ? (6) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; M.I.E., 1968; U.N.D.P, 1969; Bixby, 1959 (7) D.M.H., 1966 (8) D.M.H., 1966 (9) Boulanger, 1963 (10) Boulanger, 1963; U.N.D.P, 1969 (11) Wolf, 1892 (12) Villemur, 1967 (13) Ribadeneira, 1960 (14) Ribadeneira, 1960 (15) Ribadeneira, 1960 (16) Ribadeneira, 1960 (17) U.N.D.P, 1969

MAGNESITA

La magnesita es el carbonato de magnesio ($MgCO_3$). La magnesita forma una roca maciza como la caliza y la dolomita.

Calentada, de 700 hasta 1000 °C, la magnesita pierde dióxido de carbono con excepción del 2 hasta el 10%, formando un producto llamado magnesita cáustica. Calentada de 1450 hasta 1750°C, la magnesita pierde todo su dióxido de carbono con excepción de más o menos 0.5% formando la magnesia refractaria.

El uso principal (90%) de la magnesita es la magnesia refractaria producto que está en competición con la dolomía, el restante se utiliza en la fabricación de cementos especiales, papeles, fibras artificiales y en la industria química.

En Ecuador, se conocen muy pocos indicios de formación magnesífera.

TABLA 20. Indicaciones de Magnesita

Lugar	Características
San Luis (1) (Chimborazo)	Capas de magnesita en depósitos lacustres del pleistoceno
San Antonio (2) (Pichincha)	Idem

(1) Ericksen, 1962; Grossman, 1943; Ribadeneira, 1960 (2) Ericksen, 1962; Ribadeneira, 1960

En Venezuela se está estudiando las posibilidades de explotación de un gran depósito de magnesita (1968). En el Perú, se está preparando (1968) la explotación de un gran depósito de fosfato con 52.7 millones de toneladas de cloruro de magnesio y 17.3 millones de toneladas de sulfato de magnesio.

MANGANESO

Las propiedades colorantes del manganeso fueron utilizadas por los egipcios.

Más de cien minerales contienen manganeso como elemento importante. Los minerales explotables de manganeso son los óxidos, los carbonatos y los silicatos. Los óxidos de manganeso son muy complejos. De manera general se habla del tipo psilomelano para los óxidos duros y macizos, compuestos de numerosos diferentes minerales. El término óxido negro dulce, está reservado para una mezcla de óxidos de manganeso que no tienen consistencia.

Geológicamente los tipos de yacimientos del manganeso son numerosos: tipo sedimentario, metamórfico, residual, laterítico, nodulario. Algunos de los depósitos de rodocrosita (carbonato de Mn) son de origen hidrotermal.

Hasta fines del siglo diecisiete, el manganeso fue utilizado para la coloración del vidrio. Después, las aplicaciones de este elemento se multiplicaron, siendo ahora los tres mayores usos del manganeso en metalurgia, en la fabricación de batería de tipo seco y en la industria química.

En Ecuador se conocen pocas indicaciones de manganeso de las cuales ninguna presenta suficiente interés para estudios más amplios. El indicio más conocido es el de Pasaje (El Oro), de tipo laterítico, caracterizado por la oxidación superficial, óxidos de Mn y presencia de rodocrosita.

TABLA 21. Indicaciones de Manganeso

Lugar	Características
Pasaje (1) (El Oro)	Óxido de Mn en capas procedentes de la oxidación de rocas básicas con rodonita
San Antonio (2) (Pichincha)	Óxido de Mn en depósitos lacustres del Pleistoceno
Provincia del Guayas (3)	Contenido alto de Mn en las aguas de los ríos
Sigsig (4) (Azuay)	Presencia de Mn en la veta de cobre
Pululahua (5) (Pichincha)	Presencia de óxido de Mn como producto de aguas minerales

(1) Yantis, 1943; Boulanger, 1963; Putzer y Schneider, 1958; Stoll, 1962; Ericksen, 1962; Erazo, 1960; Krochin, 1939; Kizuka y otros, 1960 (2) Boulanger, 1963; Putzer y Schneider, 1958; Stoll, 1962; Ericksen, 1962 (3) Wolf, 1892 (4) Kizuka y otros, 1960 (5) Ribadeneira, 1960

MERCURIO

Los depósitos de mercurio, así como los de antimonio son considerados de baja temperatura. Los minerales económicos del mercurio son el cinabrio (HgS – hexagonal), meta-cinabrio (HgS – cúbico), calomel (HgCl) y en raras ocasiones el mercurio nativo. Los depósitos de mercurio generalmente están asociados con el volcanismo (especialmente Terciario Superior) y con las fuentes de aguas termales.

En América del Sur hay dos países que producen mercurio en cantidades mínimas, Perú y Chile.

En Ecuador se conocen ciertos indicios de mercurio. En San Marcos (Cañar), los españoles explotaron el cinabrio. Según lo que se puede deducir de los trabajos antiguos, el yacimiento no fue de gran importancia.

El mercurio es un producto interesante. Es difícil hablar sobre la posibilidad de que existan depósitos de mercurio en el Ecuador, a pesar de que su geología es propicia para su existencia. El único yacimiento que presenta cierto interés es el de San Marcos (Cañar) y estamos de acuerdo con los planteamientos hechos por la Misión geológico-minera Franco-Ecuatoriana (Mangez y Mosquera, 1959). Según O'Rourke (1968), este depósito de mercurio podría estar asociado a las fuentes de aguas sulfurosas de Cachipamba.

El mercurio es utilizado en ciertos aparatos de medida (termómetros, etc.) y de precisión (péndulo de compensación, etc.), en los tubos luminiscentes, lámparas; en aparatos eléctricos (enderezadores de circuito, etc.); en química (catalizador para síntesis orgánica, etc.).

TABLA 22. Indicaciones de Mercurio

Lugar	Características
San Marcos (1) (Cañar)	En relación con el volcanismo (?). Mineralización al contacto de dos fallas (N10°E y E-W) en rocas sedimentarias (Cretácico Superior) bajo forma de vetillas y con un porcentaje de 0.06 a 0.3.
San Antonio (2) (Bolívar)	Gotitas de mercurio nativo en roca ígnea alterada
Guayaquil (3) (Guayas)	Existencia (?) de gotitas de mercurio nativo en los sedimentos del Cretácico Superior (ver nota de Goossens, 1968)
Loja (4)	Gotitas de mercurio nativo en terreno aluvial
Isla de la Plata (5)	Explotación de mercurio en tiempos de la colonia (?)
San José de Minas (6) (Pichincha)	Existencia de cinabrio

(1) Wolf, 1892; Yantis, 1943; Putzer y Schneider, 1958; Mangez y Mosquera, 1959; Kizuka y otros, 1960; Stoll, 1962; Ericksen, 1962; Boulanger, 1963; O'Rourke, 1968 (2) Wolf, 1892 (3) Wolf, 1892; Boulanger, 1963; Goossens, 1968 (4) Wolf, 1892 (5) Yantis, 1943 (6) Ribadeneira, 1960

MICA

Las micas constituyen un grupo de silicatos complejos de aluminio y metales alcalinos. La lepidolita contiene litio por lo cual de vez en cuando, es utilizada como fuente de este elemento. La vermiculita, producto de la alteración de la biotita ha sido explotada por sus propiedades especiales. Las micas más explotadas son la muscovita ($H_2KAl_3(SiO_4)_3$) y la flogopita ($(KH)_3Mg_3Al(SiO_4)_3$). Las pegmatitas son las rocas que contienen muscovita en grandes hojas explotables. Las propiedades económicas de la muscovita son su flexibilidad, su resistencia mecánica, su transparencia y sus propiedades eléctricas.

En Ecuador se conoce ocurrencias de micas en rocas metamórficas, pero sin interés económico: Papallacta (M.I.E., 1968); Las Juntas-Loja (Ribadeneira, 1960); Hacienda Pimantara-Chimborazo (Ribadeneira, 1960); Machay-Tungurahua (Ribadeneira, 1960).

MOLIBDENO

La utilización del molibdeno como metal para preparar aleaciones es relativamente reciente, durante la primera guerra mundial cuando los otros elementos para aleaciones escasearon, se multiplicaron los esfuerzos para la búsqueda de yacimientos de molibdeno.

El único mineral económico de molibdeno es la molibdenita (MoS_2). Sus principales ocurrencias son en las pegmatitas y aplitas, en las rocas del metamorfismo de contacto, en las vetas de cuarzo, en "stockworks" compuestos de millones de vetillas en todas direcciones, y en los depósitos con mineralización diseminada – tipo pórfido cuprífero.

Los principales yacimientos explotables son del tipo “stockworks” y pórfido cuprífero, donde este elemento se encuentra asociado con el cobre. Ya se ha hablado acerca de este tipo de yacimiento en el capítulo del cobre. Además de la recuperación en estos yacimientos de molibdeno, tungsteno, pirita, casiterita y bismuto se recupera también el renio que es un elemento que se encuentra acompañando al molibdeno.

El molibdeno se utiliza principalmente en aleaciones. Sólo el 10% se utiliza en la industria química.

Chile es un gran productor de molibdeno (8520365 libras en 1968). Se conocen yacimientos de cobre-molibdeno en Argentina, Perú y Colombia.

En Ecuador, aunque se conocen todavía pocas indicaciones de molibdenita, se puede esperar en un futuro próximo el descubrimiento de grandes depósitos del tipo pórfido-cuprífero de los cuales podría ser recuperado el molibdeno. El yacimiento de cobre-molibdeno de Chaucha (Azuay) recientemente descubierto en las pendientes occidentales de la Cordillera Occidental – descrito en el capítulo del cobre – presenta un interés evidente para orientar la futura prospección. Los intrusivos de tipo diorítico (de edad Laramida?) están orientados casi Norte-Sur por un control estructural en la Cordillera Occidental. Al Norte de Chaucha, se conocen otras indicaciones de molibdenita asociada con intrusivos (Talagua, Cerro Monte Nuevo). Es evidente que es en esta zona donde la futura prospección debe concentrarse primero.

El indicio de molibdenita de San Miguel (Cañar)

Cerca del pueblo de San Miguel, situado en el flanco occidental de la Cordillera Real, se conoce desde hace algunos años, la existencia de vetillas de cuarzo con molibdenita dentro de un intrusivo diorítico. Este intrusivo parece controlado por fallas Norte-Sur las cuales son responsables de las mineralizaciones de mercurio de San Marcos (Cañar), polimetálica de Pilzhum (Cañar) y de plata en San Bartolomé (Azuay). Es posible que esos intrusivos sean más recientes (Terciario final) que los intrusivos situados al Oeste de la Cordillera Occidental (Chaucha y otros). La ocurrencia de molibdenita en San Miguel está limitada a unos metros cuadrados en el lecho de un río; las colinas de los alrededores están cubiertos por tobas volcánicas Pliocenas. Pero los estudios del suelo y geofísicos (Goossens, 1969 y U.N.D.P., 1969) han demostrado un área mineralizada más extendida, la molibdenita está acompañada de calcopirita y de impregnaciones de malaquita, a unos quinientos metros. En el sitio de mineralización hay un promedio de 0.2% de Mo.

TABLA 23. Indicaciones de Molibdeno

Lugar	Características
Talagua (1) (Bolívar)	Vetillas de molibdenita en rocas intrusivas ácidas
San Miguel (2) (Cañar)	Vetillas de molibdenita en rocas intrusivas ácidas
Hacienda Ilade (3) (Napo)	En rocas pegmatitas
Chaucha (4) (Azuay)	En vetillas en rocas intrusivas ácidas, con cobre, tipo pórfido cuprífero
Cerro Monte Nuevo (5) (Cotopaxi)	Stockworks de molibdenita

(1) Boulanger, 1963; Putzer y Schneider, 1958; Stoll, 1962; Goossens, 1969; U.N.D.P., 1969; Mangez y Mosquera, 1959; Ericksen, 1962; Erazo, 1960 (2) Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960; Mangez y Mosquera, 1959; Erazo, 1960 (3) Ribadeneira, 1960 (4) U.N.D.P., 1969; (5) Comunicación verbal

MONACITA

En 1970, P. Fozzard (comunicación escrita) se refiere a unas concentraciones de monacita en los minerales pesados de los sedimentos aluviales en la parte sur del país.

NÍQUEL

Los depósitos de níquel pueden ser clasificados en tres tipos:

1) Los sulfuros diseminados de níquel y cobre en la pentlandita $(Ni, Fe)_9S_8$.

2) Los depósitos de silicato de níquel, principalmente con garnierita $(H_2(Ni, Mg) SiO_4 \cdot nH_2O)$ y

3) Las lateritas niquelíferas, productos de intemperización de rocas ultrabásicas como las serpentinas.

El principal uso del níquel es en la preparación de aleaciones.

En Venezuela se está estudiando (1968) la explotación de níquel contenido en lateritas (44 millones de toneladas de reservas con 1.6% Ni).

En Ecuador se conocen pocas indicaciones de este elemento. Están ubicadas principalmente en los productos de alteración de macizos de serpentinas en la Cordillera Occidental.

TABLA 24. Indicaciones de Níquel

Lugar	Características
Chillogallo (1) (Pichincha)	?
La Victoria (2) (Cotopaxi)	Presencia de minerales de níquel en rocas serpentinitas
Saloya (3) (Pichincha)	Presencia de minerales de níquel en rocas serpentinitas (cobalto y platino?)

(1) D.M.H., 1966 (2) Kizuka y otros, 1960; Boulanger, 1963 (3) Erazo, 1960; Ribadeneira, 1960

ORO

El oro ha sido desde la antigüedad el elemento más apreciado por su color, resistencia y rareza. Se encuentra en la naturaleza en forma metálica nativa, y en combinación con otros metales. Se encuentra depositado en diversas formas y en rocas de diferentes edades. Las vetas de cuarzo que contienen oro se encuentran generalmente relacionadas con intrusivos ácidos. En este tipo de vetas, el oro se encuentra asociado con otros metales tales como cobre, zinc, plomo y plata, formando de esta manera un depósito polimetálico. La alteración de estos tipos de depósito ha permitido que el oro se haya concentrado en forma libre, es decir en forma metálica, inalterable. La erosión de los productos de alteración ha acumulado en los sedimentos aluviales, glaciales y otros, el oro metálico mientras tanto los otros metales se han disuelto. Como conclusión se puede decir que el oro se extrae de dos tipos de depósitos en forma de vetas y en depósitos en forma de placeres.

En América del Sur, Colombia es el principal productor de oro (275000 oz. Au en 1968), Venezuela ha producido 525 kg de oro en 1968. El Brasil en 1968 ha producido 169250 oz. Au y el Perú el mismo año 43160 oz. de oro.

El Ecuador ha sido un país muy rico en oro; los Incas fueron los primeros en extraer este mineral de diversos sitios. Los conquistadores españoles se sintieron atraídos por la riqueza de los indios, Hay una serie de leyendas al respecto y los archivos de la época colonial contienen diversas informaciones sobre las minas de oro del Ecuador como también de Colombia. Desde esa época han visitado el país muchos exploradores en busca de El Dorado sin haberlo descubierto hasta la fecha.

El Ecuador presenta una interesante perspectiva para la explotación de oro debido a las diversas indicaciones de este mineral, tanto en vetas como en placeres auríferos. Trataremos en primer lugar sobre los depósitos de oro en vetas y luego pasaremos a explicar sobre los placeres auríferos.

1. —Oro en vetas

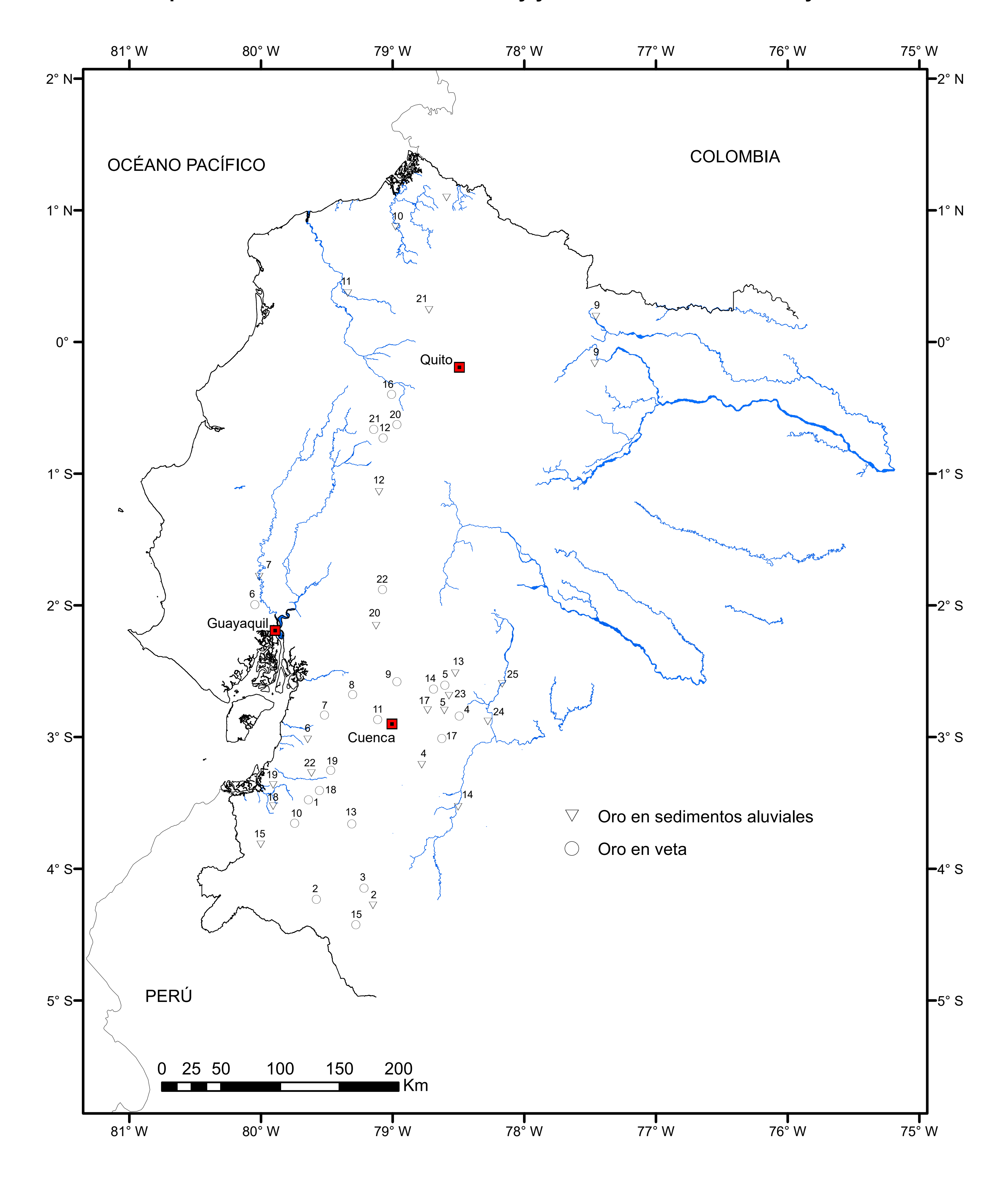
Se conocen numerosas indicaciones de oro en vetas en Ecuador, sin considerar los depósitos que han sido o se están explotando. Algunas fueron estudiadas detalladamente, otras ligeramente como las del dique de feldespato de Ligzhu, las vetas de cuarzo con oro del Dueno, de Aillon, Río Villa, Masanamarca, EL Emporio, Balzapamba, Malacatos, etc. sobre los cuales discutiremos a continuación. De los depósitos ya estudiados revisaremos los siguientes: Portovelo, Baños, Fierro-Urcu; no se hará mención sobre el de Macuchi ya que fue estudiado anteriormente en el capítulo del cobre.

TABLA 25. Indicaciones de Oro en veta

Lugar	Características
Ligzhu (1) (El Oro)	Dique de feldespato que contiene oro
El Dueno (2) (Loja)	Veta de cuarzo que contiene pirita y oro
Malacatos (3) (Loja)	Veta que contiene oro, plata, plomo y cobre
Aillón (4) (Azuay)	Veta de cuarzo que contiene oro
Taday (5) (Cañar)	Veta de cuarzo que contiene oro en rocas metamórficas
Pascuales (6) (Guayas)	Veta de cuarzo que contiene oro
Río Villa (7) (Guayas)	Veta de cuarzo que contiene oro en rocas diabasíticas
Molleturo (8) (Azuay)	Veta polimetálica que contiene un poco de oro (0.09 oz/ton Au)
Alcaptor (9) (Azuay)	Fisuras rellenadas con cuarzo que contiene una ligera cantidad de oro (0.01 oz/ton)
Portovelo (10) (El Oro)	Vetas polimetálicas que contiene oro (9 hasta 16 gr/ton)
Baños (11) (Azuay)	Vetas de cuarzo que contiene oro (16.7 oz/ton) y plata
Macuchi (12) (Cotopaxi)	Vetas polimetálicas con oro
Fierro-Urcu (13) (Loja)	Vetas polimetálicas con oro
Pilzhum (14) (Cañar)	Vetas polimetálicas con oro
Masanamarca (15) (Loja)	Antiguas minas de oro
La Plata (16) (Pichincha)	Vetas polimetálicas con oro
Sigsig (17) (Azuay)	Veta polimetálica con oro
San Pedro (18) (Azuay)	Antiguas minas de oro
Shinian (19) (Azuay)	Antiguas minas de oro
Sigchos (20) (Cotopaxi)	Veta de cuarzo con oro (0.9 oz/ton)
El Emporio (21) (Cotopaxi)	Veta de cuarzo con oro (0.32 oz/ton)
Balzapamba (22) (Bolívar)	Veta de cuarzo con oro

(1) Yantis, 1943 (2) Yantis, 1943 (3) Yantis, 1943 (4) Yantis, 1943; Mangez y Mosquera, 1959 (5) Yantis, 1943; D.M.H., 1966; Spindler y Herrera, 1959 (6) Yantis, 1943; Putzer y Schneider, 1958 (7) Yantis, 1943 (8) Wallis, 1940 (9) Wallis, 1940 (10) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; Wolf, 1892; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958; Spindler y otros, 1959; Stoll, 1962; Ericksen, 1962 (11) D.M.H., 1966; Kizuka y otros, 1960 (12) D.M.H., 1966; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (13) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; Spindler y Herrera, 1959; Villemur, 1967 (14) Boulanger, 1963 (15) Wolf, 1892 (16) Kizuka y otros, 1960 (17) Putzer y Schneider, 1958; Spindler y Herrera, 1959 (18) Spindler y Herrera, 1959 (19) Spindler y Herrera, 1959 (20) Ivanhoe, 1944 (21) López, 1945 (22) Ribadeneira, 1960

Mapa N° 7 Distribución de los indicios y yacimientos de oro en veta y aluvial



El Distrito aurífero de Portovelo

Portovelo está situado al pie de la Cordillera Occidental, en la Provincia de El Oro. Seguramente, fue ya explotado por los Incas; Portovelo fue trabajado intermitentemente durante la época de la Colonia (Wolf, 1892). A principios de este siglo, una compañía americana (South American Development Company) explotó el yacimiento en gran escala hasta el año 1957, fecha en la cual la concesión fue comprada y explotada por una compañía estatal (CIMA).

Una red de vetas hidrotermales de cuarzo aurífero con una ley de 9 hasta 16 gr/t, acompañado por sulfuros de plata, zinc, cobre y plomo tiene una dirección general nor-noroeste. Estas vetas están en relación con intrusivos dioríticos (yacimiento peri-plutónico) dentro de rocas andesíticas. Estos intrusivos dioríticos son típicos al pie de la Cordillera Occidental (ver el yacimiento de Chaucha, Molleturo, etc.) y la estructura noroeste es típica de la Cordillera Andina. La mineralización se encuentra dentro de las rocas andesíticas del Jurásico-Cretácico.

La compañía minera de Portovelo tiene una planta de flotación con la cual se recupera el oro, la plata, el cobre, el plomo, el zinc y el cadmio.

Hay que notar también que existen en los alrededores de Portovelo numerosas otras indicaciones metalíferas y también un intrusivo de tipo diorítico lo cual presenta buena apariencia para un yacimiento del tipo pórfido cuprífero. Numerosos informes existen acerca de la mineralización polimetálica de Portovelo: anotamos un ensayo sobre el origen de la mineralización por Putzer y Schneider (1958) y probablemente el informe más completo sea el de U.N.D.P. (1969).

Las vetas auríferas de Baños (Azuay)

Un poco al Noroeste de la estación de aguas termales de Baños existen, en los flancos de una pequeña colina, unos trabajos antiguos. Se trata de unas fisuras llenadas por cuarzo dentro de rocas piroclásticas. El cuarzo es aurífero: con seis muestras de cuarzo Kizuka y otros llegan a un promedio de 15:7 g/ton de Au (1960). El contenido de plata también parece interesante, los mismos con seis muestras de cuarzo llegan a un promedio de 419.7 g/ton de Ag.

Los indicios auríferos de Fierro-Urcu (Loja)

Antiguos trabajos existen al Noroeste de Saraguro (carretera Cuenca – Loja). La geología es muy parecida a la de Portovelo; rocas metamórficas, intrusivos, andesitas y riolitas. La mineralización consiste en vetas de cuarzo con oro y plata y la misma mineralización, pero diseminada en las rocas encajantes. Al contrario de la opinión de Villemur (1967), la zona puede presentar un cierto interés por la existencia de una mineralización de tipo pórfido cuprífero.

2. — Los lavaderos de oro

¿Cuáles son los aluviones de río que no tienen oro en Ecuador? ¡Muy pocos, si existen! Infelizmente hasta ahora no se ha descubierto aluviones, terrazas auríferas bastante grandes para instalar una planta mecánica. Los ríos, tanto los que bajan de la Cordillera Occidental como de la Real, han acumulado bastante oro para establecer un lavadero de tipo artesanal. Se puede pensar que el oro proviene de las lentes de cuarzo contenidas en las rocas metamórficas. Es interesante notar aquí que el oro de la Cordillera Real contiene plata, mientras que el oro de la parte Norte de la Cordillera Occidental contiene platino (Wolf, 1892).

TABLA 26. Indicaciones de Oro aluvial

Lugar	Características
Zapallal (1) (Loja)	Reservas de 7 millones de metro cúbicos con un promedio de 0.01 oz/ton de Au
Samanamaca (2) (Loja)	Lavaderos antiguos con una baja ley de oro
Sabanilla (3) (Loja)	Antiguos lavaderos de oro
Shingata (4) (Azuay)	Dos millones de metros cúbicos de aluviones auríferos
Sigsig-Collay (5) (Azuay)	En los ríos Santa Bárbara, Collay, Aillón
Ríos de Tenguel, Gala, Balao (6) (Azuay)	Oro en los aluviones
Río Daule (7) (Guayas)	Oro en las gravas (0.01 a 0.1 oz/ton de Au)
Provincia del Cotopaxi (8)	Placeres auríferos
Provincia de Napo y Pastaza (9)	Placeres auríferos
Eloy Alfaro, Concepción (10) (Esmeraldas)	Placeres auríferos
Quinindé (11) (Esmeraldas)	Placeres auríferos
Estero Hondo (12) (Cotopaxi y Los Ríos)	Lavaderos auríferos
Taday (13) (Cañar)	Lavaderos auríferos
Zamora (14) (Morona)	Lavaderos auríferos
Puyango (15) (Loja)	Lavaderos auríferos
Matanga (16) (Azuay)	Lavaderos auríferos
Río San Francisco (17) (Azuay)	Lavaderos auríferos
Zaruma (18) (El Oro)	Lavaderos auríferos
Santa Rosa (19) (El Oro)	Lavaderos auríferos
Río Chimbo (20) (Chimborazo)	Lavaderos auríferos
Pacto (21) (Pichincha)	Lavaderos auríferos
Zhiry (22) (Azuay)	Antiguos lavaderos de oro
Paute (23) (Azuay)	Antiguos lavaderos de oro
Gualaquiza (24)	Antiguos lavaderos de oro
Méndez (25)	Antiguos lavaderos de oro

(1) Yantis, 1943 (2) Yantis, 1943 (3) Yantis, 1943 (4) Yantis, 1943; Stueby, ?; Spindler y Herrera, 1959 (5) Yantis, 1943; Mangez y Mosquera, 1959; Boulanger, 1963; Spindler y Herrera, 1959; Ribadeneira, 1944 (6) Yantis, 1943 (7) Yantis, 1943 (8) D.M.H., 1966 (9) D.M.H., 1966 (10) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963, Wolf, 1892 (11) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963, Wolf, 1892 (12) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963 (13) D.M.H., 1966; Spindler y Herrera, 1959 (14) Boulanger, 1963 (15) Boulanger, 1963 (16) Boulanger, 1963, Wolf, 1892 (17) Wolf, 1892 (18) Wolf, 1892 (19) Wolf, 1892 (20) Wolf, 1892 (21) Kizuka y otros, 1960 (22) Spindler y Herrera, 1959 (23) Ribadeneira, 1944 (24) Ribadeneira, 1944 (25) Ribadeneira, 1944

PERLITA

La Perlita es un vidrio volcánico de composición riolítica que contiene 2 hasta 5% de agua, caracterizada por un sistema de fisuras concéntricas llamado "perlítica". La propiedad característica de esta roca es la de expandirse rápidamente por acción del calor. Otras rocas volcánicas pueden tener esta propiedad sin tener la textura perlítica como los productos de alteración de la riolita y la obsidiana. La mayor parte de la producción de perlita sirve como agregado en el yeso. Se utiliza también en los cementos ligeros. La perlita es un producto relativamente nuevo, y sus aplicaciones presentan todavía grandes perspectivas.

El Ecuador, país volcánico, debe presentar numerosas ocurrencias de este producto. Infelizmente, no se conoce yacimientos de perlita hasta ahora. Solamente Bricksen (1962) menciona la existencia de perlita en el volcán Antisana; Argentina ha empezado la fabricación de cemento ligero a base de perlita. La planta iniciará con una producción de 3000 toneladas por año. El capital necesario para la instalación de esta planta es de más o menos 70 millones de pesos.

PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN

Este capítulo incluye el reconocimiento de todo tipo de rocas que pueden ser utilizadas como piedras de construcción, piedras ornamentales, etc.

La naturaleza presenta una gran variedad de rocas atractivas por su dureza y por su color. El Ecuador, por su Geología, posee una gran fuente de rocas de este tipo como: la serpentina en la Cordillera Occidental, las rocas ígneas tales como las de Pascuales que afloran cerca de Guayaquil, el jaspe que se encuentra a lo largo de la Costa y que puede servir como piedra ornamental, el travertino, que ya es explotado en las cercanías de Cuenca para objetos típicos, pero que, de ser explotado en gran escala, podría servir como piedra para fachadas (por ejemplo, el depósito de travertino del banco de Zula – Chimborazo), las rocas diabásicas del complejo ígneo de la Costa, la obsidiana de las provincias serranas, el mármol blanco de Selva Alegre, etc.

PIEDRA PÓMEZ

La Piedra Pómez, producto de la acción volcánica, es una roca porosa parecida a una esponja; producida por un volcanismo explosivo, sus depósitos se encuentran cerca de los volcanes en actividad. Se puede encontrar depósitos también bastante lejos de los volcanes cuando las partículas de piedra pómez han sido transportadas por el viento y consolidadas formando capas agregadas. La piedra pómez blanca es de composición ácida mientras que los otros productos volcánicos negros son básicos.

Se utiliza la piedra pómez como abrasivo y como material de construcción mezclado con yeso. Esta última combinación forma un agregado ligero.

En Ecuador no se explota esta roca en gran escala, y se conoce poco acerca de posibles yacimientos; sin embargo, el recubrimiento de la Cordillera Andina por su gran espesor y variedad de rocas volcánicas permite pensar en fructuosos yacimientos de piedra pómez.

TABLA 27. Indicaciones de Piedra pómez

Lugar	Características
Latacunga (1) (Cotopaxi)	Presencia de piedra pómez
Quilotoa (2) (Cotopaxi)	Presencia de piedra pómez

(1) M.I.E., 1968 (2) M.I.E., 1968

PIROFILITA Y TALCO

La pirofilita es un mineral suave y claro, por lo cual tiene las mismas propiedades y usos que el talco. El mineral pirofilita es diferente del talco por su composición química. La pirofilita es un silicato hidratado de aluminio ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$). Las concentraciones de estos dos minerales se encuentran en las rocas metamórficas.

Sus usos son, principalmente, en la fabricación de insecticidas como materia prima en cerámica y en la fabricación de pinturas.

El término esteatita fue aplicado anteriormente a cualquier depósito de talco o roca talcosa. Ahora este término está reservado para el mineral talco de alta pureza. La piedra jabón “soapstone” es una roca maciza, suave y talcosa.

En Ecuador, la existencia de largas bandas de rocas metamórficas ha proporcionado muchos indicios de estos minerales, pero ninguno hasta ahora ha sido explotado o seriamente estudiado.

TABLA 28. Indicaciones de Piedra pómez, pirofilita y talco

Lugar	Características
Lourdes (1) (Chimborazo)	Presencia de piedra pómez
Verde-Rumi (2) (Cañar)	Presencia de piedra pómez
Taday (3) (Cañar)	Presencia de pirofilita
La Merced (4) (Tungurahua)	Esteatita en pizarras cristalinas
Paute (5) (Azuay)	Talco
Saloya (6) (Pichincha)	Presencia de talco en rocas serpentinosas
Achupallas (7) (Chimborazo)	Presencia de talco
Carretera Salcedo-Napo (8) (Cotopaxi)	Presencia de talco

(1) Schneider, 1966 (2) Wolf, 1892 (3) U.N.D.P., 1969 (4) Ribadeneira, 1960 (5) Ribadeneira, 1960 (6) Ribadeneira, 1960 (7) Ribadeneira, 1960 (8) Ribadeneira, 1960

PLATA

La Plata es uno de los metales más conocidos y utilizados desde la antigüedad. Los romanos la utilizaban como base de su moneda. Hasta ahora, la mayor parte de la plata es utilizada en las piezas de moneda.

La plata está normalmente asociada a otros metales como el plomo, el cobre, el zinc y el oro. Muchos yacimientos de esos metales producen también la plata como subproducto. Los principales minerales de plata son la argentita (Ag_2S), la polibasita (Ag_9SbS_3), la proustita (Ag_3AsS_3), la estefanita (Ag_5S_4Sb), la pirargirita (Ag_3SbS_3), la cerargirita (AgCl) y la plata nativa. Los yacimientos de plata se encuentran en rocas de toda edad, principalmente en el Terciario, el Cretácico y el Precámbrico. El tipo principal de yacimiento se presenta en forma de fisuras rellenadas.

El Ecuador es un país donde existen desde mucho tiempo explotaciones de plata. Por ahora se recupera la plata en Portovelo como sub-producto de vetas polimetálicas. En Pilzhum, se produce minerales beneficiados de plata. Además, existen muchas otras indicaciones interesantes de plata en todo el territorio, algunos de los cuales, fueron explotados en tiempos pasados. En las provincias de Azuay y Cañar existe una concentración de indicaciones de plata cuyas características constantes hacen de esta zona la continuación Norte de la provincia argentífera de Chile y Perú (Goossens, 1969).

a. — Pilzhum

(3000 metros de altura). La mineralización consiste principalmente de proustita y pirargirita y de tetraedrita argentífera con sulfuros de cobre, zinc y plomo en una ganga de baritina y pirita (marcasita). La mineralización se ha producido en rocas andesíticas y parece controlada por la intersección de fallas Norte-Sur y Este-Oeste y presentándose en forma de relleno de fisuras.

b. — Molleturo

(2500 metros de altura). La mineralización consiste de galena argentífera con esfalerita, calcopirita y oro. La mineralización es vecina de un intrusivo diorítico y asociada con estructuras Norte-Sur, presentándose en forma de relleno de fisuras.

c. — Baños (Azuay)

(2500 metros de altura). Indicaciones de mineralización de plata y oro en vetas cuarcíferas. La mineralización se presenta en rocas piroclásticas y controlada por la intersección de fallas Este-Oeste y Norte Sur.

d. — Puruving

(3700 metros de altura). No se conoce los minerales responsables del contenido alto de plata en la riolita limonitizada. La mineralización se presenta en toba riolítica y parece controlada por una estructura Este-Oeste del río Cañar.

e. — Zhuya

(2500 metros de altura). La mineralización consiste principalmente de tetraedrita argentífera con galena y esfalerita. La mineralización se presenta vecina de un intrusivo diorítico y parece estar controlada por la estructura Este-Oeste del río Cañar.

f. — Ger

(2500 metros de altura). La mineralización parece formada de tetraedrita argentífera con galena y esfalerita. La mineralización se presenta dentro de dacita y está controlada por la estructura Este-Oeste del río Cañar, presentándose en forma de fisuras rellenadas.

g. — Sayausid

(3000 metros de altura). La mineralización consiste principalmente de tetraedrita argentífera, se presenta dentro de rocas andesíticas y parece controlada por fracturas Norte-Sur y fallas Este-Oeste en forma de fisuras rellenadas.

h. — San Bartolomé

(3000 metros de altura). La mineralización consiste principalmente de tetraedrita argentífera con esfalerita, galena y un poco de oro. La mineralización se presenta dentro de rocas andesíticas vecinas de un intrusivo diorítico y rocas piroclásticas recientes. La mineralización parece controlada por una zona de fractura Este-Oeste, presentándose en forma de vetillas paralelas.

Las concentraciones de estas indicaciones a una altura de cerca de 3000 metros, cerca de fallas Norte-Sur; la intersección de estas con las fallas Este-Oeste y la edad reciente de la mineralización son características. Numerosas otras mineralizaciones argentíferas se encuentran a lo largo de las cordilleras andinas y parecen tener las características precedentes.

El principal uso de la plata es en la fabricación de monedas. En la industria se la utiliza en la fabricación de materiales fotográficos, para soldadura y en aleaciones. Se la utiliza también en joyería y en química.

Los indicios de plata en San Bartolomé (Azuay)

Una zona mineralizada fue descubierta al Noroeste del pueblo de Bartolomé por el Proyecto Minero de las Naciones Unidas (Goossens, 1969). La mineralización consiste en sulfuros de plata con una ley económica. Los minerales son en forma de vetas y de relleno de fisuras parecidas a las de tipo “stockwork”. El buzamiento general de las fracturas mineralizadas es vertical hasta pocos grados hacia el Norte. La mineralización está siempre acompañada por una arcilla de alteración en la zona bajo la napa freática. En la zona arriba de la napa freática, existen vetas de limonita y arcilla blanquecina; las dos tienen un contenido bastante grande de plata. La Ley de plata tiene un promedio de 1.5 hasta 2 onzas (“troy ounce”) por tonelada en la parte del túnel perpendicular a la estructura (104 metros) con partes ricas hasta 10 onzas de plata por tonelada. Solamente dos anomalías geofísicas fueron chequeadas por túneles; existen por lo menos otras tres anomalías geofísicas de la misma intensidad. Una de estas fue chequeada por sondeo; en ésta, la mineralización fue encontrada entre 200 y 265 pies y entre 615 y 665 pies. Según una primera estimación de los trabajos subterráneos se encontró una zona de 6 metros de ancho, 60 metros de largo y 30 metros de profundidad que tiene una ley de 5 onzas de plata por tonelada. La superficie total mineralizada se extiende por lo menos sobre una longitud de 2100 metros y un ancho de 150 metros.

Los indicios de plata en Gualleturo (Azuay)

La zona de Gualleturo geológicamente está localizada en el complejo volcánico-intrusivo de la Cordillera Occidental, fracturado por las fallas Este-Oeste del río Cañar. Las rocas volcánicas son desde andesíticas hasta riolíticas. Las anomalías geoquímicas (principalmente el zinc) fueron encontradas en dos zonas, distantes 13km, llamadas respectivamente Ger y El Rosario. Solamente la zona de Ger fue investigada geológicamente por el Proyecto Minero de las Naciones Unidas (Goossens, 1969). El contenido alto de cobre y zinc en los aluviones del río Raura presenta alguna importancia económica. La zona es conocida por sus antiguas minas, algunas de las cuales fueron investigadas. En la zona de la antigua mina de Ger, existe correspondencia entre la geoquímica del suelo y las anomalías geofísicas y representa seguramente, una zona de fracturas mineralizadas. En el caso de los antiguos trabajos de Puruving, la riolita limonitizada contiene altos valores de plata suficiente para continuar las investigaciones. La zona contiene otras indicaciones de plata y puede estar relacionada a un distrito de mineralización argentífera.

Las vetas polimetálicas de Molleturo (Azuay)

La zona de Molleturo está localizada en las pendientes occidentales de la Cordillera Occidental. El contexto geológico comprende dioritas y granodioritas dentro de rocas andesíticas.

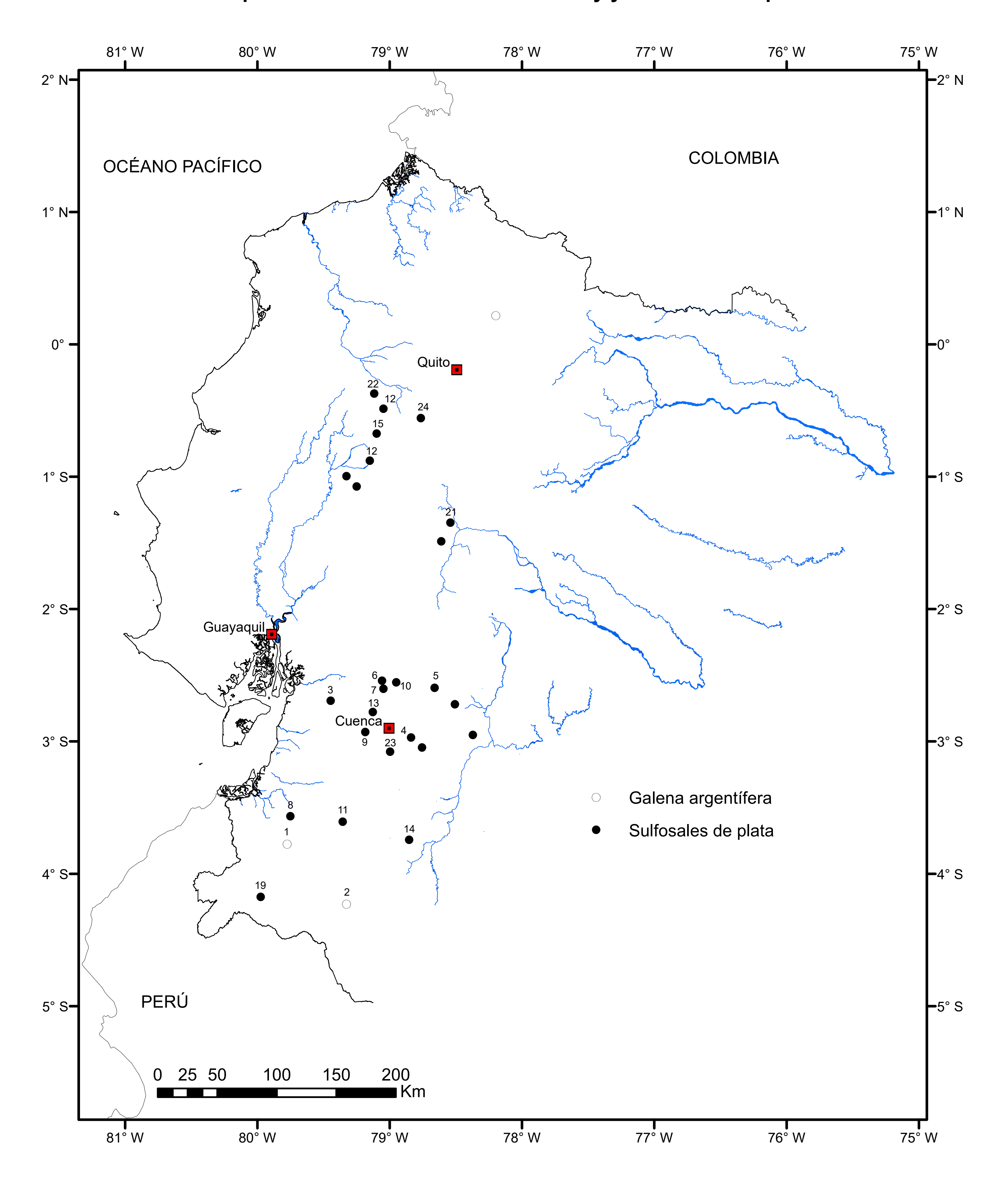
Cuatro vetas de cuarzo de dirección casi Este-Oeste están dentro de la diorita silicificada, diferentes fases de mineralización se han reconocido (Putzer y Schneider, 1958). La mineralización consiste principalmente en arseno-pirita, pirita, pirrotina, esfalerita, calcopirita, galena y tetraedrita. El promedio se ha estimado (Putzer y Schneider, 1958) en 4.35 – 4.95 g/t de Au; 451.4 – 854.4 g/t de Ag; 8.1 – 10.3% Pb; 2.2 – 3.6% Cu; 8.1 – 11.5% Zn. Estas vetas han sido explotadas de vez en cuando pero no se podrá explotar en grande escala antes de que exista una carretera hacia la Costa.

TABLA 29. Indicaciones de Plata

Lugar	Características
La Chora-Yorupe (1) (Loja)	Galena argentífera
Malacatos-Cerro Cruz (2) (Loja)	Vetillas polimetálicas con plata
Molleturo (3) (Azuay)	Vetillas polimetálicas con galena argentífera y sulfosales de plata
San Bartolomé (4) (Azuay)	Vetillas de sulfosales de plata
Pilzhum (5) (Cañar)	Vetillas polimetálicas con sulfosales de plata
Zhuya-Ger (6) (Cañar)	Vetas polimetálicas con sulfosales de plata
Puruving-Molal (7) (Cañar)	Sombrero de hierro (gossan) con alto contenido de plata (presencia de galena argentífera)
Portovelo (8) (El Oro)	Vetas polimetálicas con alto contenido de plata
Baños (9) (Azuay)	Veta de cuarzo con oro y plata
Juncal (10) (Cañar)	Veta con plata (?)
Fierro-Urcu (11) (Loja)	Veta de cuarzo con oro y plata
La Plata-Macuchi (12) (Cotopaxi)	Vetas macizas polimetálicas con sulfosales de plata
Sayausid (13) (Azuay)	Veta de cuarzo con sulfosales de plata
Cordillera de Zamora (14) (Zamora)	Presencia de minerales de plata
Simiátug (15) (Cotopaxi)	Presencia de minerales de plata
Sigchos (16) (Cotopaxi)	Presencia de minerales de plata
Tagualo (17)	Presencia de minerales de plata
Angamarca (18)	Presencia de minerales de plata
Río Casanga (19) (Loja)	Presencia de plata en aluviones
Alcaptor (20) (Cañar)	Presencia de galena argentífera
Condorazo (21) (Chimborazo)	Presencia de minerales argentíferos
Colvin (22) (Pichincha)	Presencia de minerales de plata
Gima (23) (Azuay)	Indicaciones de plata
Sarapullo (24) (Pichincha)	Vetillas con minerales de plata

(1) Yantis, 1943 (2) Wolf, 1892; Yantis, 1943 (3) Yantis, 1943; Wallis, 1946; McGinnis, 1931; D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960; Stoll, 1962, Mangez y Mosquera, 1959, Ericksen, 1962 (4) Yantis, 1943; U.N.D.P., 1969 (5) Yantis, 1943; D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; Wolf, 1892; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958; Stoll, 1962; Spindler y Herrera, 1959; Ericksen, 1962 (6) Yantis, 1943; Wallis, 1946; Boulanger, 1963; Wolf, 1892; Mangez y Mosquera, 1959; U.N.D.P., 1969 (7) Wallis, 1946; Boulanger, 1963; Wolf, 1892; Carta española, 1683; U.N.D.P., 1969 (8) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; Kizuka y otros; Putzer y Schneider, 1958; U.N.D.P., 1969 (9) D.M.H., 1966; Kizuka y otros, 1960; Carta española, 1701 (10) Wallis, 1946 (11) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; Spindler y Mosquera, 1959; Villemur, 1967 (12) D.M.H., 1966; Wolf, 1892; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (13) Boulanger, 1963; Wolf, 1892; U.N.D.P., 1969 (14) Wolf, 1892 (15) Wolf, 1892 (16) Wolf, 1892 (17) Wolf, 1892 (18) Wolf, 1892 (19) Villemur, 1967 (20) Wallis, 1946; Mangez y Mosquera, 1959 (21) Erazo, 1960 (22) Melloskey, 1942 (23) Mosquera, 1966 (24) Carta española, ?

Mapa N° 8 Distribución de los indicios y yacimientos de plata



PLATINO

El Platino pertenece al grupo de metales que incluye el paladio, el iridio, el osmio, el rodio y el rutenio. Trataremos solamente del platino, aunque Wolf (1892) menciona la presencia de algunos de estos metales, incluyendo el platino en aleaciones con el oro aluvial en la provincia de Esmeraldas.

El platino se encuentra en las rocas básicas y ultrabásicas. En las rocas básicas, se encuentra el platino demasiado diseminado para ser recuperado, con excepción del subproducto de los yacimientos de níquel y cobre. Los principales yacimientos de platino se encuentran en las rocas ultrabásicas, como la dunita. Cuando la roca ha sido alterada (alteración meteórica) se puede encontrar el platino en placeres con otros metales pesados.

En Ecuador, se conocen pocos indicios de platino.

TABLA 30. Indicaciones de Platino

Lugar	Características
Provincia de Esmeraldas (1)	Presencia de platino en el oro de los placeres
Saloya (2) (Pichincha)	Presencia de platino en rocas serpentinas

(1) Wolf, 1892 (2) Ribadeneira, 1960

PLOMO

Los minerales más comunes del plomo son la galena (PbS), la cerusita ($PbCO_3$) y la anglesita ($PbSO_4$). La galena está normalmente asociada con los yacimientos de zinc, plata, oro y minerales de hierro, aunque puede encontrarse sola en ciertos yacimientos.

El Perú produce (1968) 190361000 Lb de plomo.

En Ecuador, las minas de Portovelo producen cada año un poco de plomo. Los indicios ecuatorianos de plomo son numerosos y seguramente prometedores. La galena encontrada es generalmente argentífera y, como sucede con este elemento se encuentra asociada con la estructura Norte – Sur y Este – Oeste.

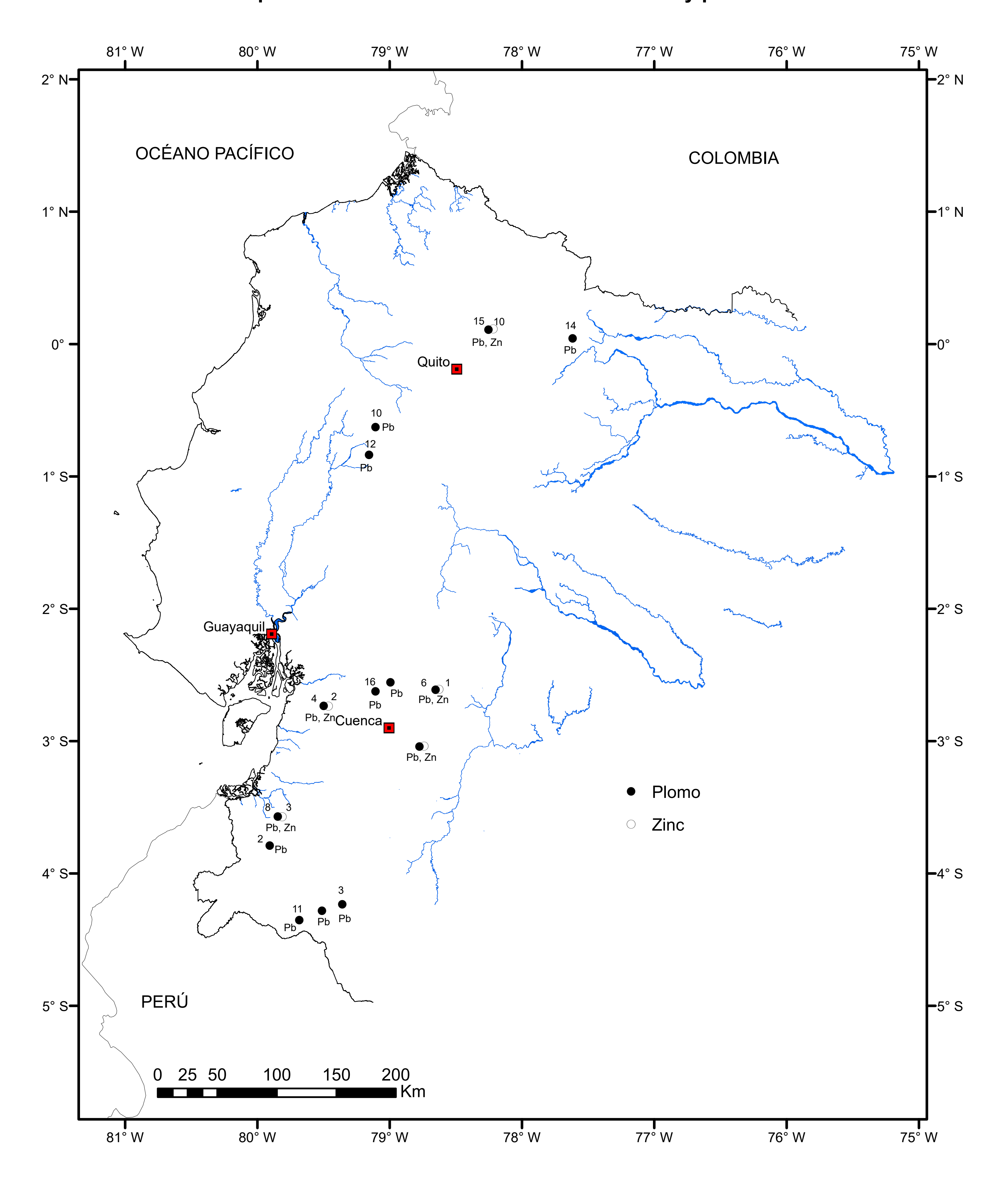
El plomo es utilizado por sus propiedades físicas y químicas: suavidad y facilidad para trabajarlo, peso específico elevado, buenas propiedades para aleaciones, bajo punto de fusión, precio bajo, etc.

TABLA 31. Indicaciones de Plomo

Lugar	Características
Río Grande (1) (El Oro)	Presencia de galena
La Chora-Jorupe (2) (Loja)	Galena argentífera en vetillas (10cm) en rocas sedimentarias
Malacatos-Cerro Cruz (3) (Loja)	Galena argentífera con otros sulfuros en reemplazamiento en sedimentos
Molleturo (4) (Azuay)	Vetas polimetálicas con galena (argentífera?)
San Bartolomé (5) (Azuay)	Vetillas de galena con pirargirita
Pilzhum (6) (Cañar)	Vetas polimetálicas con galena
Alcaptor (7) (Cañar)	Vetillas de galena argentífera
Portovelo (8) (El Oro)	Vetas polimetálicas con galena
Gualleturo (9) (Cañar)	Mineralización con galena (?)
La Plata-Macuchi (10) (Cotopaxi)	Presencia de galena en mineralización polimetálica maciza
Changaymina (11) (Loja)	Presencia de galena dentro de diorita (con epidota, clorita, pirita) y bloques de galena en fracturas
Sigchos (12) (Cotopaxi)	Mineralización diseminada (con pirita, bornita, cobre gris, calcopirita, blenda, tetraedrita, arsenopirita (en intrusivo ácido silicificado)
Toachi (13) (Cotopaxi)	Presencia de galena
Pimampiro (14) (Imbabura)	Presencia de galena
San José de Minas (15)	Presencia de galena
Puruving (16)	Presencia de galena

(1) Yantis, 1943 (2) Yantis, 1943 (3) Yantis, 1943; Boulanger, 1963M Wolf, 1892 ; O'Rourke, 1968 (4) Yantis, 1943; Wallis, 1946 ; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (5) Yantis, 1943 (6) Yantis, 1943; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (7) Wallis, 1946; Mangez y Mosquera, 1959; U.N.D.P., 1969 (8) D.M.H., 1965; Boulanger, 1963; Putzer y Schneider, 1958; U.N.D.P., 1969 (9) Boulanger, 1963 (10) Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (11) Spindler, Mangez, Mosquera y Herrera, 1959; Villemur, 1967; Erazo, 1960 (12) Spindler y Herrera, 1959 (14) Ribadeneira, 1960 (15) Ribadeneira, 1960 (16) U.N.D.P., 1969

Mapa N° 9 Distribución de los indicios de zinc y plomo



POTASIO

Muchos minerales contienen potasio como la microclina y las micas, pero los minerales de potasio explotables se encuentran en las rocas sedimentarias originadas por evaporación. Los principales minerales de potasio de este tipo son la silvita y los sulfatos y cloruros, generalmente mezclados con el cloruro de sodio; así los principales yacimientos se encuentran en capas, dentro de los depósitos de sales. Otros minerales que no son producidos por la evaporación, capaces de convertirse en fuentes de potasio, son la alunita (sulfato hidratado de potasio y aluminio), la leucita (aluminosilicato de potasio) y la glauconita (silicato hidratado de potasio). Así en el Perú, se ha descubierto recientemente un gran depósito de fosfato con 11 millones de toneladas de potasio asociado con esas aguas saladas.

En Ecuador se conoce pocos indicios de potasio.

TABLA 32. Indicaciones de Potasio

Lugar	Características
Latacunga (1) (Cotopaxi)	Existencia de nitrato de potasio
Laguna Verde (2) (Carchi)	Existencia de alunita
Cordillera de Chongón-Colonche (3) (Guayas-Manabí)	Existencia de capas delgadas de glauconita en la formación Callo

(1) Wolf, 1892 (2) M.I.E., 1968 (3) Observación personal

Se recomienda analizar las aguas saladas (“brines”) que se encuentran en los pozos de perforación para la búsqueda del petróleo en la Costa.

El principal uso del potasio es en la fabricación de fertilizantes, justamente lo que falta mucho para la agricultura ecuatoriana.

ROCAS CARBONATADAS

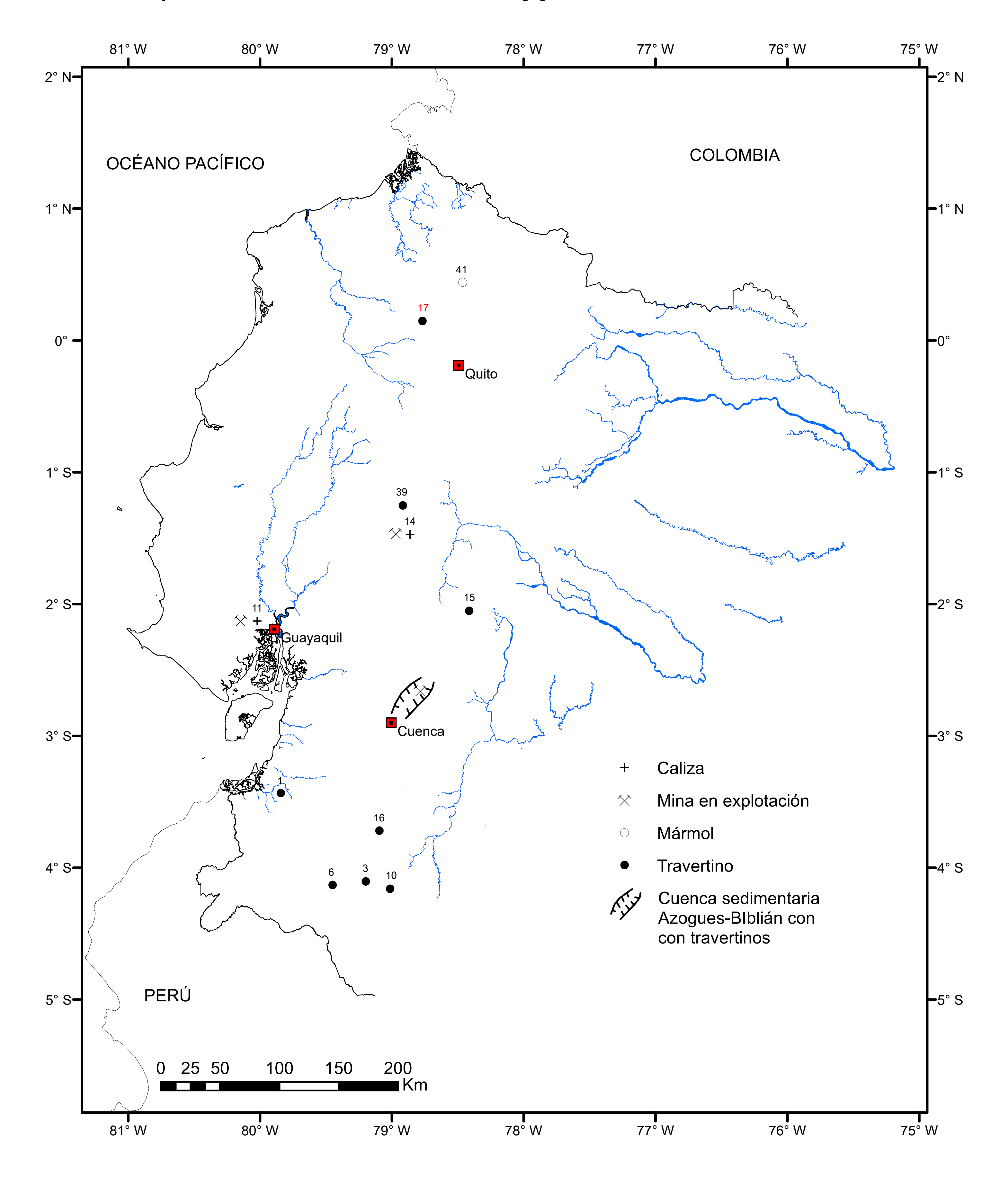
Este capítulo tratará sobre todas las clases de rocas compuestas por carbonato de calcio (caliza) y carbonato de calcio y magnesio (dolomita). Los principales tipos de depósitos son las rocas sedimentarias (caliza y/o dolomitas), las rocas metamórficas (mármoles) y los depósitos de fuentes de aguas (travertino y ónix).

Este tipo de roca es tan común que solo nos referiremos a los depósitos existentes en el Ecuador.

TABLA 33. Indicaciones de Rocas carbonatadas

Lugar	Características
Naranjo (1) (El Oro)	Travertino (depósitos en vertientes)
Casanga (2)	Calizas (?) Excelente para cal
Loja (3)	Calizas (?) Excelente para cal
La Toma (4) (Loja)	Calizas (?) Excelente para cal
San Pedro (5) (Loja)	Caliza (mala calidad)
Guayabal-Catamayo (6) (Loja)	Calizas Excelente para cal
Chihuango-Sambi (7) (Loja)	Calizas Excelente para cal
Hacienda Nueva (8) (Loja)	Calizas (alto porcentaje) Excelente para cal
Duraznillo (9) (Loja)	Travertino (depósito en vertiente)
Valle de Zamora (10) (Loja)	Travertino (1000 toneladas) (depósito en vertiente)
San Eduardo (11) (Guayas)	Calizas-fabricación de cemento y piedra ornamental?
Guapán (12) (Cañar)	Travertino en terrazas (fabricación de cemento (depósito de vertiente). Piedra ornamental 10000 toneladas
Chongón (13) (Guayas)	Calizas (?)
Shobol (14) (Chimborazo)	Calizas-fabricación de cemento
Zula (15) (Chimborazo)	Mármol (o travertino?) 3000 m^3 de excelente calidad, excelente piedra ornamental
Saraguro (16) (Loja)	Mármol (poca cantidad) (J. Boulanger) travertino (O' Rourke) (Spindler y Herrera, 1958), piedra ornamental
Pacto (17) (Pichincha)	Travertino (mala calidad y poca cantidad) (depósito en vertiente)
San Antonio (18) (Guayas)	Calizas blancas (5000000 toneladas) piedra ornamental – fabricación de cal
Pifo (19) (Loja)	Mármol (?) blanco Piedra ornamental
Portete (20) (Azuay)	Travertino (?) blanco Piedra ornamental
Baños (21) (Azuay)	Travertino (depósito en vertiente) para fabricación de cemento y piedra ornamental – 1000000 toneladas
Virgen de Milagros (22) (Azuay)	Travertino en bloques Fabricación de cal
Racar (23) (Azuay)	Travertino en bloques Fabricación de cal y piedras ornamentales
Verdillo (24) (Azuay)	Travertino en bloques Piedra ornamental
Sinincay (25) (Azuay)	Travertino en bloques
Ochoa León (26) (Azuay)	Travertino en bloques Travertino en vetas y en bloques

Mapa N° 10 Distribución de los indicios y yacimientos de roca carbonatadas



San Vicente (27) (Azuay)	Travertino (depósito en vertiente)
El Salado de Patamarca (28) (Azuay)	Travertino en vetas (depósito en vertiente)
Checa (29) (Azuay)	Travertino en vetas (depósito en vertiente) Piedra ornamental
Santa Rosa (30) (Azuay)	Travertino
Mangún (31) (Azuay)	Travertino en bloques
Cachipamba (32) (Cañar)	Travertino en terrazas (depósito en vertiente)
Bayas (33) (Cañar)	Travertino en terrazas (depósito en vertiente)
Río Tabacay (34) (Cañar)	Travertino (depósito en vertiente) 500000 toneladas
Chiticay (35) (Cañar)	Travertino
Quinuas (36) (Azuay)	Travertino en terrazas (depósito en vertiente)
Loja (11km NW) (37)	Travertino (depósito en vertiente)
El Tambo (38) (Cañar)	Travertino en terrazas
Salinas (39) (Bolívar)	Travertino
Tolóntag (40) (Pichincha)	Ónix Piedra ornamental
Selva Alegre (41) (Imbabura)	Mármol Piedra ornamental
Pifo (42) (Pichincha)	Mármol (?) blanco
Cachihuayco (43) (Cañar)	Travertino (depósito en vertiente)

(1) Yantis, 1943 (2) Yantis, 1943 (3) Yantis, 1943 (4) Yantis, 1943 (5) Yantis, 1943 (6) Yantis, 1943 (7) Yantis, 1943 (8) Yantis, 1943 (9) Yantis, 1943 (10) Yantis, 1943 (11) Yantis, 1943; D.M.H., 1966 ; Boulanger, 1963 (12) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; O'Rourke, 1967 ; Putzer y Schneider, 1958 (13) D.M.H., 1966 (14) Boulanger, 1963; Putzer y Schneider, 1958 (15) Boulanger, 1963 (16) Boulanger, 1963; U.N.D.P., 1969; Spindler y Herrera, 1958 (17) M.I.E., 1968 (18) M.I.E., 1968 (19) Wolf, 1892 (20) Wolf, 1892; U.N.D.P., 1969 (21) U.N.D.P., 1969 (22) U.N.D.P., 1969 (23) U.N.D.P., 1969 (24) U.N.D.P., 1969 **de** (25) **a** (38) U.N.D.P., 1969 (39) Mangez y Mosquera, 1959 (40) Ericksen, 1962 (41) Herrera, 1965 (42) Wolf, 1892 (43) U.N.D.P., 1969

TABLA 34. Composición química de algunos depósitos de Travertino

Lugar	CaO%	MgO%	Al_2O_3%	Fe_2O_3%	SiO_2%	S%
Baños (Azuay)	50.3	0.8	1.5	1.1	2.0	0.19
Virgen de Milagros	53.5	1.3	0.3	1.2	1.3	0.05
Racar	54.1	0.8	0.5	0.6	0.5	0.07
Verdillo	54.1	0.9	0.5	0.3	0.6	0.09
Sinincay	53.5	1.3	0.4	1.1	0.7	0.1
Checa	51.3	4.5	0.3	1.8	2.5	0.06
Santa Rosa	54.8	0.9	0.3	0.6	0.7	0.1
Mangán	50.2	1.0	5.9	1.7	1.2	
Guapán	52.1	1.9	0.6	0.5	1.6	
Cachihuaico	49.5	4.2	0.3	1.2	3.8	0.02
Chitticay	45.5	2.0	9.5	3.4	1.8	
Quinuas	53.9	1.1	0.4	0.3	1.0	0.1
Portete de Tarqui	53.6	0.5	2.1	2.1	0.4	0.1

En Ecuador las rocas calcáreas son utilizadas principalmente en la fabricación de cemento. En Guayaquil funciona la más grande de las tres fábricas; se emplea como materia prima la caliza de San Eduardo (Eoceno Medio). Cerca de Riobamba, funciona otra de estas fábricas, que suple sus necesidades con las calizas de Shobol (Cretáceo Superior). En Guapán (Azogues) funciona la tercera fábrica haciendo uso del travertino como materia prima.

La calidad de las rocas calcáreas varía mucho de una localidad a la otra como se puede apreciar en la siguiente tabla:

TABLA 35. Calidad de rocas calcáreas

	Guayaquil	Guapán	Chimborazo
CaO	50.05	46.50	
SiO_2	5.20	6.05	
Fe_2O_3	0.25	1.05	
Al_2O_3	0.75	2.10	
MgO	0.81		
SO_3	0.38		
K_2O	0.09		
Na_2O	0.29		
Pérdida al fuego	39.39	40.15	

La necesidad de neutralizar el suelo demasiado ácido, principalmente en la Sierra, ha creado muchas industrias pequeñas de cal, que utilizan las numerosas ocurrencias de travertino existentes a lo largo de la cordillera. Se necesita una centralización de esta producción para mejorar su calidad y regularizar el precio.

ROCAS FOSFATADAS

Los términos “rocas fosfatadas” son, más que todo términos económicos. Toda clase de rocas que contienen suficientes minerales de fósforo, para ser explotado, es una roca fosfatada.

Las rocas fosfatadas pueden ser divididas en dos grandes grupos:

1) Las rocas cristalinas con bastante apatita $(CaF)\cdot Ca_4(PO_4)_3$ para ser recuperada.
2) Las rocas sedimentarias fosfatadas llamadas fosforitas.

Este último tipo que representa el 90% de la producción mundial, se encuentra en las secuencias marinas, interestratificada con caliza y argilita (“mudstone”), o en forma de conglomerados que presentan concreciones de material fosfático dentro de un material arenoso y fosfático. El principal mineral de fósforo, en este caso, es el colófano (carbonato fosfático de calcio) de composición criptocristalina. Se puede recuperar de ciertos depósitos una cantidad apreciable de fluorita, uranio, vanadio.

La mayor parte de la producción de fosfato se utiliza en la fabricación de fertilizantes (superfosfatos); el resto de la producción se utiliza en la industria química.

En América del Sur se conocen depósitos de fosfatos en el Brasil.

En Ecuador la M.I.E. (1968) ha investigado las posibilidades de encontrar rocas fosfatadas en la Península de Santa Elena sin resultados positivos; esta primera investigación no elimina a la Costa como posible reserva de fósforo. La misma misión menciona la existencia de fosforita en la Formación Napo (Oriente).

SAL (Cloruro de Sodio)

La sal pura es el cloruro de sodio (NaCl) o halita. Los más grandes depósitos de sal son conocidos como intrusiones (“domos”) los cuales provienen de rocas sedimentarias estratificadas. Las otras fuentes de sal son las aguas del mar, las aguas saladas en rocas porosas, las lagunas saladas, las aguas saladas dentro de rocas cristalinas y las fuentes de aguas saladas.

La sal es uno de los productos minerales más importantes para la industria química. La utilización principal es en la fabricación de carbonato de soda (Na_2CO_3) que se utiliza en la fabricación de vidrio y de soda cáustica (NaOH) para la industria del papel, y para la obtención del cloro.

En América Latina, Colombia y Perú tienen grandes reservas de sal.

En Ecuador, se conocen numerosas indicaciones de sal de las cuales algunas son explotadas. Se puede clasificar los tipos de yacimientos en tres grupos: 1) sal recuperada de la evaporación del agua del mar, 2) arena impregnada de sal y 3) sal depositada por fuentes de aguas saladas.

TABLA 36. Indicaciones de Sal (Cloruro de sodio)

Lugar	Características
Isla Payana (1) (El Oro)	Sal producida por evaporación del agua del mar
Salinas (2) (Guayas)	Sal producida por evaporación del agua del mar
Isla Santiago (3) (Galápagos)	Sal producida por evaporación del agua del mar
Cotacachi (4) (Imbabura)	Arenas impregnadas de sal
Salinas (5) (Bolívar)	Sal de deposición de aguas minerales
San Salvador (6) (Galápagos)	Sal producida por evaporación del agua del mar
Yambo (7) (Cotopaxi)	Sal de deposición de aguas termales
Pomasqui (8) (Pichincha)	Sal de deposición de aguas termales
Hacienda Teneria (9) (Loja)	Sal de deposición de aguas minerales
Salinas (10) (Imbabura)	Sal de deposición de aguas minerales

(1) Yantis, 1943 (2) Yantis, 1943; Ribadeneira, 1960 (3) D.M.H., 1965; Boulanger, 1963; Ribadeneira, 1960 (4) Wolf, 1892 (5) Wolf, 1892 (6) Kraglievich, 1964 (7) **a** (9) Ribadeneira, 1960 (10) Ribadeneira, 1960

SÍLICE

En este capítulo se tratará únicamente de la sílice como materia prima para la industria del vidrio; es la arena silícea de gran pureza, que es utilizada para la fabricación de vidrio.

En ciertos casos se utiliza también el cuarzo. No se tratará aquí de la arena como material de construcción ni de la sílice (SiO_2) para la fabricación de silicón (Si), ni del cristal de roca utilizado por sus propiedades piezoeléctricas.

La industria del vidrio requiere un material arenoso y silíceo con un porcentaje de hierro lo más bajo posible (0.059). Los depósitos de este tipo de material no son numerosos y muchas veces se debería tratar el material: molerlo y eliminar el hierro.

En Ecuador, aunque se ha investigado en ciertas zonas (U.N.D.P., 1969) las posibilidades de este material, no se ha encontrado hasta ahora un depósito bueno y se continúa importando el material de Europa. Aparte de esto, se conoce muchas indicaciones las cuales, en caso de no ser aceptables para la industria del vidrio, podrían ser utilizadas para otros usos. Se aconseja investigar las zonas bajas al pie de la Cordillera, en las partes donde afloran las rocas metamórficas (U.N.D.P., 1969). En efecto, la serie metamórfica – base de la Cordillera – es rica en lentes de cuarzo los cuales por la erosión activa se destruyen, formando capas de arena cuarzosa en las partes bajas. Un elemento importante en el aspecto económico de estos depósitos es la proximidad de la planta. En Ecuador, la planta está ubicada en Guayaquil, por lo cual se debe buscar un depósito más cerca de esta ciudad. Los depósitos que existen en el Oriente (Formación Hollín, por ejemplo) están demasiado lejos.

TABLA 37. Indicaciones de Sílice

Lugar	Características
Vacas Galindo (1) (Imbabura)	Cuarzo
Alausí (2) (Chimborazo)	Cristal de roca
Sigsig, Gualaquiza, Cerro Matanga (3)	Cristal de roca, arena silícea y cantos rodados de cuarzo
Zamora (4) (Zamora)	Cristal de roca
Santa Lucía (5) (Bolívar)	Arena de cuarzo (de composición de granito)
Portovelo (6) (El Oro)	Veta de cuarzo de buena calidad (más de un millón de toneladas de reserva)
Tixán (7) (Chimborazo)	Geyserita
Apagua (8) (Cotopaxi)	Arena de cuarzo
Tigua (9) (Cotopaxi)	Arena de cuarzo
Puerto Callo (10) (Manabí)	Jaspe
Chanduy (11) (Guayas)	Areniscas y arena de cuarzo
Santa Rosa (12) (El Oro)	Arena de cuarzo
Hollín (13) (Napo)	Areniscas
Nanegal (14) (Pichincha)	Cristal de roca
La Merced (15) (Tungurahua)	Cristal de roca

(1) D.M.H., 1966 (2) Boulanger, 1963 (3) Boulanger, 1963 (4) Boulanger, 1963; Mangez y Mosquera, 1959; Ribadeneira, 1960 (6) Boulanger, 1963; U.N.D.P., 1969; Beaudoin, 1958 (7) Boulanger, 1963; U.N.D.P., 1969 (8) M.I.E., 1968 (9) M.I.E., 1968 (10) U.N.D.P., 1969 (11) U.N.D.P., 1969 (12) U.N.D.P., 1969 (13) U.N.D.P., 1969 (14) U.N.D.P., 1969 (15) U.N.D.P., 1969

TITANIO

Aunque el titanio es el noveno elemento más abundante en la corteza terrestre, existen solamente dos minerales económicos de titanio: la ilmenita ($FeTiO_3$) y el rutilo (TiO_2). Dos tipos principales de depósitos del titanio existen en el mundo: los depósitos de arena negra y los depósitos en roca. Los depósitos de ilmenita y/o rutilo a lo largo de las playas son bien conocidos. Las rocas básicas contienen también vetas de magnetita con ilmenita. En muchos de estos depósitos se recupera además del titanio el hierro de la magnetita y de la hematita. Existe también magnetita titanífera formando una solución sólida entre el titanio y el hierro. Estos minerales no son interesantes por el momento, por falta de métodos industriales capaces de destruir la fuerza que mantiene unidos el hierro con el titanio.

En Ecuador, las arenas negras de la playa de la Costa contienen concentraciones de magnetita titanífera (Bixby, 1962). Estos depósitos no son explotables, primero, porque no contienen ilmenita sino magnetita titanífera; y segundo, el tonelaje parece demasiado pequeño. La fábrica de cemento de Guayaquil lo utiliza como un suplemento de hierro en el cemento, lo cual no es afectado por la presencia de titanio.

La ilmenita se utiliza por su contenido en dióxido de titanio en la fabricación de pigmentos. El rutilo se utiliza para recuperar el metal; en los últimos años se ha utilizado procesos industriales para la fabricación de pigmentos a base de rutilo.

TORIO

El torio está asociado con el uranio y los elementos raros en la naturaleza. La monacita es un mineral rico en torio (12% ThO_2) y en uranio (más de 1% U_3O_8). La monacita existe como mineral accesorio en los granitos, gneis y sienitas. La erosión de estas rocas provoca la concentración de estos granos de monacita (mineral muy pesado) en los sedimentos aluviales y en las arenas de playa. El Brasil posee playas con apreciables concentraciones de monacita. La torianita (ThO_2) y la torita ($ThSiO_4$) son otros minerales de torio que pueden también contener uranio. La torianita se encuentra en pegmatitas, carbonatitas, en vetas o placeres.

En Ecuador, Krochin (comunicación verbal) pretende haber encontrado torianita en los minerales pesados de los sedimentos aluviales del río Verde, cerca de Baños (Tungurahua).

La presencia de torianita en este sector no es imposible por la proximidad de intrusiones sieníticas en la parte Norte de la Cordillera Real. Por este factor se aconseja la prospección de este mineral en dicho sector.

El uso principal del torio es en las aleaciones con el magnesio, pero su utilización está en pleno auge en la industria química y nuclear, que lo hacen un mineral importante.

TRÍPOLI

Trípoli es un término general para las rocas blancas, porosas, friables, silicosas y de grano fino. Originalmente fue un tipo especial de diatomita encontrada en Trípoli (África del Norte). Su origen, completamente diferente de la diatomita, proviene de la erosión de la caliza silícea. Más del 70% de la producción sirve como abrasivo. El resto se utiliza para almaciga.

En Ecuador, se conocen algunas indicaciones de un material que presenta características parecidas al Trípoli.

TABLA 38. Indicaciones de Trípoli

Lugar	Características
Provincia de Loja (1)	Rocas blancas silíceas friables, con 84% SiO_2 muy livianas (D: 0.7)
Sucre (2) (Guayas)	Idem, en la Formación Dos Rocas
Cotocollao (3) (Pichincha)	Material parecido
Yambo (4) (Cotopaxi)	Trípoli (?)
San Antonio (5) (Pichincha)	Trípoli (?)
Salado (6) (Bolívar)	Trípoli (?)

(1) Villemur, 1967; U.N.D.P., 1969 (2) U.N.D.P., 1969 (3) D.M.H., 1966 (4) Ribadeneira, 1960 (5) Ribadeneira, 1960 (6) Ribadeneira, 1960

TUNGSTENO

Los minerales de tungsteno se presentan en dos formas: los minerales calcíferos (Scheelita $CaWO_4$, Powellita (Ca, Mo)WO_4), y los minerales de hierro y manganeso (Ferberita $FeWO_4$, Wolframita (Fe, Mn)WO_4, huebnerita $MnWO_4$). Los principales depósitos de tungsteno se encuentran en vetas de cuarzo y en las rocas de metamorfismo de contacto, y también en forma de reemplazamiento en las pegmatitas y en placeres. El tungsteno está muchas veces asociado con el estaño, como en Bolivia, pero también con el molibdeno, antimonio, plata, oro, cobre, plomo y zinc.

En América del Sur, el país que más produce tungsteno es Bolivia.

En Ecuador, el depósito de cobre-molibdeno de Chaucha (Azuay) contiene indicios de tungsteno. Este descubrimiento es importante porque en otros países se recupera el tungsteno como subproducto de los mismos tipos de yacimiento. Hay que mencionar, además que Kizuka y otros (1960) anotan la presencia de tungsteno en el hierro de Pascuales (Guayas), aunque esta indicación parece dudosa. Dwin (1964) anota también en su mapa la presencia de tungsteno entre Latacunga y Riobamba, pero no describe esta indicación en su texto. Esta indicación parece también dudosa.

El tungsteno es un metal importante en sus aplicaciones en la industria nuclear y del espacio.

URANIO

La corteza terrestre contiene de 1 a 2 partes por millón (ppm) de uranio, más que el antimonio, bismuto, mercurio, plata y oro; igual al cobalto, plomo y molibdeno. El granito contiene un promedio de 50ppm de uranio. El principal mineral es la uraninita (UO_2) o pechblenda. Existe también un silicato de uranio, la cofinita, en las zonas no oxidadas. Pero se conocen más de 150 minerales de oxidación de uranio. El uranio acompaña también al torio en la torianita ($(Th, U)O_2$).

Los principales depósitos de uranio se encuentran en las rocas sedimentarias, pero también en forma de veta (con oro, plata y otros sulfuros), en las pegmatitas, en diques asociados a la sienita. Ciertos lignitos contienen hasta 0.2% U_3O_8 y los depósitos de fosfatos contienen también cierta cantidad de uranio.

En América del Sur, se conoce una gran provincia de uranio en la parte oriental del Brasil; en Argentina, se conocen también depósitos de uranio.

En Ecuador, poco se ha hecho en la búsqueda de concentraciones uraníferas aparte del trabajo realizado por una misión de las Naciones Unidas (Cameron, 1967), que encontró varias anomalías radioactivas. Se debe también mencionar que durante el levantamiento aerogeofísico de la S.A.P.A. hecho por cuenta de las Naciones Unidas y del S.N.G.M. (Servicio Nacional de Geología y Minas) en la Costa, fueron detectadas algunas anomalías radioactivas y en la Sierra austral, anomalías que fueron comprobadas por Cameron (1967).

TABLA 39. Indicaciones de Uranio

Lugar	Características
Carretera Cuenca-Girón (1) (Azuay)	Presencia de un fosfato de calcio y de uranio en los travertinos
Norte de Zamora (2) (Zamora)	En zona de alteración de un granito con sulfuros de cobre
Cumbaraza (3) (Zamora)	Idem
Macará (4) (Loja)	Vetas con sulfuros de cobre en una diorita
Guamaní (5) (Pichincha)	Vestigios de pechblenda

(1) Cameron, 1967 (2) Cameron, 1967 (3) Cameron, 1967 (4) Cameron, 1967 (5) Ribadeneira, 1960

La anomalía (1) corresponde a un depósito de travertino de aguas termales; la anomalía parece puntual y no presenta más interés. Hay que notar que las aguas termales de Baños (Azuay) tienen también una radioactividad anomálica. Las otras tres anomalías (2, 3 y 4) merecen un estudio más amplio. El territorio ecuatoriano merece mayor prospección radioactiva, principalmente en la parte Norte de la Cordillera Real y en los sedimentos del Oriente.

La reputación del uranio es bastante conocida por lo cual no hay la necesidad de notar aquí sus aplicaciones en la producción de energía nuclear.

YESO

El mineral yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) cuando está puro constituye la roca llamada también yeso. Normalmente se encuentra en interestratificaciones en rocas sedimentarias. El yeso pertenece a las rocas del tipo evaporítico, es decir, formado por la evaporación de aguas saladas (“brines”). Otro tipo de depósito de yeso es en cantos cementados por arcillas. Se encuentra en la superficie y forma eflorescencias en zonas áridas; este tipo se llama en inglés “Gypsite Gypsum”. Este es el tipo que se encuentra frecuentemente en Ecuador.

Otra forma de depósito de yeso en Ecuador es cerca de antiguas “solfataras” donde el azufre ha sido oxidado a yeso. En la costa, el mismo fenómeno puede ocurrir cuando el azufre se encuentra dentro de rocas sedimentarias; este azufre por oxidación produce también una cierta cantidad de yeso. Muchas de estas ocurrencias son explotadas en su mayor parte, como aditivo para la fabricación de cemento.

El yeso se utiliza también como fertilizante del suelo. El yeso cuando se calienta a 175°C, pierde su contenido de agua y se utiliza como material plástico en diversas industrias, conociéndose también con el nombre de yeso.

TABLA 40. Indicaciones de Yeso

Lugar	Características
Península de Sta. Elena (1) (Guayas)	Vetillas de unos centímetros en las Formaciones Terciarias
Punta Carnero (2) (Guayas)	Yeso en finas bandas depositadas en un antiguo estuario por erosión de arcillas yesíferas
Calacalí (3) (Pichincha)	Yeso con azufre
Cojitambo (4) (Cañar)	Presencia del yeso en forma explotable
Javier Loyola (5) (Cañar)	Presencia del yeso en forma explotable
Laguna Verde (6) (Carchi)	Yeso procedente de la oxidación de azufre de origen volcánico
Nanegal (7) (Pichincha)	Yeso procedente de la oxidación de azufre de origen volcánico
Valle de Paccha (8) (Azuay)	Vetillas de yeso en arcillas en explotación
Lucarqui (9) (Loja)	Vetillas de yeso en rocas sedimentarias muy alteradas
Malacatos (10) (Loja)	Impregnación de yeso en areniscas arriba de yacimientos de carbón
Chuquipata (11) (Cañar)	Vetillas de yeso en explotación
Santa Isabel (12) (Azuay)	Vetillas de yeso en explotación
Catamayo (13) (Loja)	Vetillas de yeso en explotación

(1) Boulanger, 1963; M.I.E., 1968, D.M.H., 1966 (2) M.I.E., 1968 (3) Wolf, 1892; D.M.H., 1966 (4) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963 (5) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963 (6) M.I.E., 1968 (7) M.I.E., 1968 (8) M.I.E., 1968; Mosquera, 1955 (9) M.I.E., 1968 (10) M.I.E., 1968; U.N.D.P., 1969; Putzer y Schneider, 1958; Spindler y otros, 1959; Mosquera. 1955 (11) Mosquera. 1955 (12) Mosquera. 1955 (13) Mosquera. 1955

YODO

El yodo es un elemento bastante distribuido en la corteza terrestre. Sus principales ocurrencias están en las rocas que contienen nitratos (caliche), suelos, aguas saladas (“brines”) y aguas de mar. En Chile, el yodo es recuperado de los nitratos; su ley es alrededor del 0.3%. En Estados Unidos, ciertos métodos químicos permiten extraer el yodo de las aguas saladas con un contenido tan bajo como 65 ppm.

El yodo se utiliza en numerosos productos necesarios en medicina, agricultura y en la industria.

En Ecuador, se conocen pocas indicaciones valiosas de yodo. Las aguas termales de Baños de San Vicente (Guayas) contienen 0.014 gr por litro (Wolf, 1892). La sal (cloruro de sodio) depositada por las fuentes de aguas en Salinas (Bolívar) contiene 0.0073% de yodo (Wolf, 1892; Krochin, 1959; Granja, 1961). Las nuevas explotaciones de sal del mar en la Península de Santa Elena pueden servir como nueva fuente para la extracción de yodo puro, pero, hasta ahora, ningún dato se conoce acerca de la composición química de la sal.

ZINC

Muchos minerales contienen zinc, pero el principal es la esfalerita (ZnS). La esfalerita se oxida fácilmente en smithsonita ($ZnCO_3$) y hemimorfita (H_2ZnSiO_5). La esfalerita está normalmente asociada con el plomo y los sulfuros de hierro, y en pocos casos con los sulfuros de cobre, oro y plata. Los principales depósitos de zinc son en forma de vetas polimetálicas o de reemplazamiento.

Muchos países de América del Sur son productores de zinc. El Perú, por ejemplo, produjo en 1968, 145226000 libras.

En Ecuador, se conocen numerosas indicaciones de zinc. Las minas de Portovelo han producido en 1966, 198036 libras. La mayor parte de los depósitos de zinc son vetas polimetálicas de origen hidrotermal. En este caso, el zinc es recuperado como subproducto. Algunos depósitos pueden, en el futuro, ser explotados por su alto contenido de zinc, como Pilzhum, Molleturo, La Plata y Macuchi.

Los usos del zinc son numerosos, pero principalmente se los utiliza en aleaciones, en la fabricación de óxidos de zinc y en la galvanización.

TABLA 41. Indicaciones de Zinc

Lugar	Características
Pilzhum (1) (Cañar)	Vetas polimetálicas
Molleturo (2) (Azuay)	Vetas polimetálicas
Portovelo (3) (El Oro)	Vetas polimetálicas
Malacatos (4) (Loja)	Vetas polimetálicas
La Plata (5) (Pichincha)	Lentes de sulfuros con plata
Macuchi (6) (Cotopaxi)	Lentes de sulfuros
Pascuales (7) (Guayas)	Indicaciones de esfalerita
Sigsig (8) (Azuay)	Lentes de sulfuros
Talagua (9) (Bolívar)	Mineralización diseminada
San José de Minas (10) (Pichincha)	Presencia de esfalerita

(1) Yantis, 1943; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (2) Wallis, 1946; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (3) D.M.H., 1966; Boulanger, 1963; Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider (4) Boulanger, 1963 (5) Kizuka y otros, 1960 (6) Kizuka y otros, 1960; Putzer y Schneider, 1958 (7) Putzer y Schneider, 1958 (8) Putzer y Schneider, 1958 (9) Putzer y Schneider, 1958 (10) Ribadeneira, 1960

CONCLUSIONES

El número considerable de indicaciones de concentraciones de minerales metálicos y no metálicos, es la prueba de que el Ecuador es un país con potencial minero sumamente prometedor. Hemos anotado la existencia de 191 ocurrencias de minerales metálicos y 184 ocurrencias de minerales no metálicos, los cuales se reparten en las provincias del país según la Tabla N° 42; para poder juzgar las zonas interesantes a prospectar en el futuro, hay que conocer las divisiones geomorfológicas del Ecuador. El Ecuador se divide en tres grandes zonas geográficas correspondientes también a tres entidades geológicas:

(1) La Costa con un basamento de rocas volcánicas de tipo básico y, en las depresiones, cuencas sedimentarias;

(2) La Sierra con un complejo intrusivo volcánico, edificado en gradas, hasta los seis mil metros;

(3) El Oriente con cuencas sedimentarias.

Para la minería, la zona más interesante es la Sierra, pero no toda la Sierra sino los flancos, bajando hacia la Costa (parte occidental) y hacia el Oriente (parte oriental) donde, por el efecto de la erosión, las rocas intrusivas son las más expuestas. La parte sur de la Sierra es también interesante porque, probablemente, por efecto de la erosión las alturas llegan raramente arriba de los 3500 metros y en consecuencia las rocas más antiguas están más expuestas (intrusivos, etc.). La parte norte de la Sierra está recubierta por capas importantes de rocas volcánicas recientes y estériles. En definitiva, se puede reservar como zonas interesantes para prospectar:

a) Los lados de la Cordillera Occidental,

b) Los lados de la Cordillera Real,

c) La parte del país, situada al sur de la latitud sur 2°15’.

La Costa presenta solo un interés relativo por sus ocurrencias de minerales no-metálicos y posibles yacimientos metalíferos singenéticos, y lo mismo el Oriente. Esta división en zonas prometedoras y zonas pobres puede deducirse de la Tabla N° 42.

En efecto las provincias de Loja, Azuay, Cañar, El Oro y Zamora y parte sur de la provincia de Chimborazo corresponden a la parte sur del país y allí se concentran casi todas las indicaciones de minerales metálicos conocidos.

7 indicaciones de antimonio (0 en el resto del país).

3 indicaciones de arsénico (1 en el resto del país).

2 indicaciones de bismuto (0 en el resto del país).

1 indicación de cadmio (0 en el resto del país).

1 indicación de cobalto (1 en el resto del país).

20 indicaciones de cobre (13 en el resto del país).

4 indicaciones de hierro (15 en el resto del país), el hierro tiene una metalogenia diferente a los otros elementos.

2 indicaciones de manganeso (3 en el resto del país, idem que para el hierro).

0 indicaciones de níquel (3 en el resto del país, idem que para el hierro y el manganeso).

3 indicaciones de molibdeno (3 en el resto del país).

14 indicaciones de oro en vetas (7 en el resto del país).

16 indicaciones de plata (6 en el resto del país).

0 indicaciones de platino (2 en el resto del país, idem que para el hierro, el manganeso y el níquel).

0 indicaciones de titanio (3 en el resto del país).

4 anomalías radioactivas (1 ocurrencia dudosa de pechblenda en el resto del país).

5 indicaciones de zinc (5 en el resto del país).

Además, se puede considerar que la mayor parte de las indicaciones que no están concentradas en la parte sur del país, están localizadas en los lados occidentales y orientales de la Sierra (ver el mapa mineralógico 1:1000000 de Goossens, 1969).

Los metales que presentan un interés evidente para la futura búsqueda son el antimonio, arsénico, bismuto, cadmio, estaño, galio, mercurio, molibdeno, oro, plata, plomo, renio, tungsteno, uranio y zinc. Todos estos metales no están representados por un depósito típico, pero estarán muchas veces asociados con otros más importantes. Por ejemplo, el renio, oro, tungsteno y la plata pueden ser recuperados de los depósitos de cobre-molibdeno del tipo diseminado; la plata de las vetas de galena; el galio, el cadmio de las vetas polimetálicas (Au – Pb – Zn – Ag – Cu); el oro de los yacimientos de plata, etc.

Los principales tipos de yacimientos que se podrían encontrar son los “pórfido cuprífero” (Cu-Mo con Au, W, Ag, Sn, Re como subproductos) en la parte sur del país y en los lados occidentales y orientales de la Sierra, por abajo de los 2000 metros y 3000 metros, los yacimientos de sulfosales de plata (Ag con Au, Zn, Pb, As, Sb, Bi como subproductos) entre 3500 y 5000 metros.

A propósito de los minerales no-metálicos, se puede pensar que el Ecuador contiene bastante amianto, arcillas, azufre, bario, grafito, diatomita, perlita, piedra pómez, pirofilita y talco, rocas carbonatadas, sal, sílice (?), trípoli, y yeso para ser investigados y terminar con la importación de estas materias primas.

Antes de terminar debo anotar que los propósitos y estimaciones precedentes son los que pensamos, darán un resultado positivo en un futuro próximo, pero después de haber desarrollado estas búsquedas se debe amplificar la prospección en una forma total para toda la clase de minerales.

TABLA 42. Ocurrencias de minerales metálicos y no metálicos

	Sb	As	Bi	Cd	Co	Cu	Fc	Kn	Hg	Mo	Ni
Loja	2					8	3		1	1	
Azuay	2	1	1		1	7	1	1		1	
El Oro	1	1		1		1		1			
Zamora		1									
Cañar	2		1			2			1		
Chimborazo						2	2				
Bolívar						2	1		1	1	
Tungurahua						1					
Cotopaxi		1				3	2		1	1	1
Pichincha						4	2	2			2
Imbabura							2				
Carchi											
Napo						1				1	
Guayas						2	2	1	1		
Manabí							2				
Esmeraldas							1				
Galápagos							1				

	Au Vetas	Au aluviales	Ag	Pt	Pb	Ti	Th	W	U	Zn
Loja	4	4	4		3				1	1
Azuay	5	9	5		2			1	1	2
El Oro	2	2	1		2					1
Zamora		1	1						2	
Cañar	3	1	5		4					1
Chimborazo		1	1							
Bolívar	1									1
Tungurahua										
Cotopaxi		3	3		3					1
Pichincha	1	1	2	1	1				1	2
Imbabura					1					
Carchi										
Napo										
Guayas	2	1				1				1
Manabí						1				
Esmeraldas			1		1	1				
Galápagos										

TABLA 42. Ocurrencias de minerales metálicos y no metálicos (*continuación*)

	Al_2O_3	Amianto	Arcillas	Azufre Pirita	Bario	Carbón	Asfalto
Loja			2	1		4	1
Azuay			7	1		1	2
El Oro	1		1		1		
Zamora							
Cañar			5		1	1	4
Chimborazo			3	3		3	
Bolívar			2				
Tungurahua							
Cotopaxi		1	1	2	1		
Pichincha		1	1	1	2	1	
Imbabura				1			
Carchi				2			
Napo			1				2
Guayas				3	1		1
Manabí							
Esmeraldas							
Galápagos				1			

	Grafito	Diatomita	Feldespato	Flúor	Magnesita	Perlita
Loja	2	1	1	1		
Azuay						
El Oro	1		1			
Zamora	1					
Cañar	2					
Chimborazo	1				1	
Bolívar						
Tungurahua	1					
Cotopaxi		1				
Pichincha		1			1	1
Imbabura						
Carchi						
Napo						
Guayas		1				
Manabí				2		
Esmeraldas						
Galápagos						

TABLA 42. Ocurrencias de minerales metálicos y no metálicos (*continuación*)

	Piedra pómez	Pirofilita Talco	Potasio	Rocas carbonatadas	Rocas fosfatadas
Loja				12	
Azuay	X	1		12	
El Oro	X	1		1	
Zamora					
Cañar	X	1		7	
Chimborazo	2	2		2	
Bolívar				1	
Tungurahua	1	1			
Cotopaxi	2	1	1		
Pichincha	1	1		3	
Imbabura				1	
Carchi			1		
Napo					1
Guayas			1	3	
Manabí			1		
Esmeraldas					
Galápagos					

	Sal	Sílice	Trípoli	Yeso
Loja	1		1	3
Azuay		1		2
El Oro	1	2		
Zamora		1		
Cañar				2
Chimborazo		2		
Bolívar	1	1	1	
Tungurahua		1		
Cotopaxi	1	2	1	
Pichincha	1	1	2	3
Imbabura	2	1		
Carchi				1
Napo		1		
Guayas	1	1	1	2
Manabí		1		
Esmeraldas				
Galápagos	2			

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ Pascual (1959) Informe preliminar a los yacimientos de sal situados en la Isla Santiago del Archipiélago de Colín o de las Islas Galápagos. S.N.G.M., archivo técnico N° 106-1

ARROBA J. (1967) Posibilidades mineras del país, S.N.G.M., archivo técnico N° A661-18c.

ARROBA J. (1968) Posibilidades azufreras en el volcán Alcedo, S.N.G.M., archivo técnico N° A661-22

ARROBA J. (1968) Geología y Minería de las provincias de Azuay y Cañar, S.N.G.M., archivo técnico N° A661-21

BAMBA T. (1962) Los yacimientos en la mina "La Plata". S.N.G.M., archivo técnico N° B 510-1.

BEAUDOIN G. (1958) Posibilidades de montar una fábrica de vidrio en Portovelo. S.N.G.M., archivo técnico N° 350-1

BENNET E. (1952) Proyecto de Explotación del lignito de Biblián, Ecuador. Naciones Unidas, programa de asistencia; S.N.G.M., archivo técnico.

BIXBY G. (1959) Las arenas negras titaníferas en las playas ecuatorianas. Trabajo presentado para la V Reunión Panamericana de Consulta sobre Geografía de I.P.G.H.; S.N.G.M., archivo técnico.

BIXBY G. (1939?) Yacimientos de esquistos bituminosos. S.N.G.M., archivo técnico N° 210-13.

BIXBY G. (1965) Recorrido de inspección de la Mina "Emperatriz", localizada en Pascuales, provincia del Guayas. S.N.G.M., archivo técnico N° 210-4.

BIXBY G. (1966) Inspección de la Mina de sal de Tomabela (Salinas, Bolívar). S.N.G.M., archivo técnico N° 210-10.

BOULANGER J. (1963) Ensayo de Geología provisional del Ecuador**.** B.R.G.M. Service français de Coopération technique CTA, 2.

BOULANGER J. y MOSQUERA C. (1964) Fotogeología aplicada al estudio científico y económico de las Islas Galápagos. S.N.G.M., archivo técnico N° 452-2.

CAMERON J. (1967) Nuclear raw materials prospection. Misión 1966-1967. Report to the government of the Republic of Ecuador.

CROSKEY Mc. J.W. (1942) A brief report of the Colvin prospect. S.N.G.M., archivo técnico N° 224-1.

DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS E HIDROCARBUROS (1932-1966) Estadísticas minera, Ecuador. Ministerio de Industrias y Comercio.

DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS E HIDROCARBUROS (1966) Estadísticas minera, Ecuador. Ministerio de Industrias y Comercio.

DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS E HIDROCARBUROS (1967) Estadísticas minera, Ecuador. Ministerio de Industrias y Comercio.

DWIN A. D. (1964) Ecuador's New Mineral Development Plan. Engineering and Mining Journal.

ERAZO M. T. (1960) Minerales del Ecuador. S.N.G.M., archivo técnico N° 620-1.

ERICKSEN G. E. (1962) Geology in Ecuador – A review. United States aid mission to Ecuador, S.N.G.M., archivo técnico N° 622-1.

FOZZARD P. (1968) Technical Report, Operation N° 2 – Gold (El Oro). U.N.D.P. S.N.G.M., archivo técnico.

FRAZER T. (1952) Yacimientos de lignito. Explotación de las minas de carbón de Biblián. Informe especial, Naciones Unidas, S.N.G.M., archivo técnico.

GOOSSENS P. J. (1967) Technical Report, Operation N° 7 – Iron Ore and Barite (Guayas-Manabí). U.N.D.P. S.N.G.M., archivo técnico.

GOOSSENS P. J. (1968a) El azufre de Manglaralto. Informe especial.

GOOSSENS P. J. (1968b) Geología y Metalogenia de la Costa ecuatoriana entre Manta y Guayaquil, parte I Geología. Boletín de estudios geológicos N° 1, Quito.

GOOSSENS P. J. (1968c) Geología y Metalogenia de la Costa ecuatoriana entre Manta y Guayaquil, parte II Metalogenia. S.N.G.M., archivo técnico.

GOOSSENS P. J. (1969a) Soil process for the formation of secondary residual barite deposits in Pascuales (Ecuador, S. América). Meeting on remobilisation of ores and minerals, Cagliary, Italy.

GOOSSENS P. J. (1969b) Mineral Index Map of the Republic of Ecuador, 1:1000000. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P.; edited by the Servicio Nacional de Geología y Minería, Quito.

GOOSSENS P. J. (1969c) San Bartolomé Silver Prospect, Azuay province Technical Report, U.N.D.P. – S.N.G.M., archivo técnico.

GOOSSENS P. J. (1969d) San Fernando Iron Sulphide Stratabound Deposits, Azuay province. Technical report. U.N.D.P. – S.N.G.M., archivo técnico.

GOOSSENS P. J. (1969e) Gualleturo Silver prospect, Cañar province. Technical report. U.N.D.P. – S.N.G.M., archivo técnico.

GOOSSENS P. J. (1969f) San Miguel Molybdenite prospect, Cañar province. Technical report. U.N.D.P. – S.N.G.M., archivo técnico.

GOOSSENS P. J. and PICO W. (1969) Geological Map of the Republic of Ecuador, 1:500000. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., edited by the Servicio Nacional de Geología y Minería, Quito.

GRANJA J. C. (1961) Informe geológico sobre Salinas de Tomabela, S.N.G.M., archivo técnico N° 652-5.

GRANJA J. C. (1967) Calizas asfálticas del Napo. S.N.G.M., archivo técnico N° 652-9c.

GROSSMAN J. (1943) Informe sobre yacimientos de magnesita de la mina San Vicente. San Luis, Chimborazo, S.N.G.M., archivo técnico N° 656-1.

(de) GRYS A., VERA J. and GOOSSENS P. J. (1970) A note on the hot springs of Ecuador. United Nations Symposium on the Development and utilization of geothermal resources, Pisa, Italy.

GUINISS Mc. R. B. (1931) Report on the La Roma and La Paz Mining Properties, Ecuador, South America, Private Report, S.N.G.M., archivo técnico.

HARRINGTON J. (1957) Sobre varios aspectos de sus investigaciones de las posibilidades mineras en las provincias de Azuay y Cañar. S.N.G.M., archivo técnico N° 665-1.

HERRERA J. I. (1965a) Estudios de la mina de grafito "Miranda Hnos. C.A." S.N.G.M., archivo técnico N° 666-19.

HERRERA J. I. (1965b) Calizas de Selva Alegre. S.N.G.M., archivo técnico N° 666-17.

HUDSON W. D. (1918) La mina "Toachi". Private report S.A.D. Co., S.N.G.M., archivo técnico N° 525-1.

INSTITUT FRANÇAIS DU PETROLE (1969-1970) Diferentes informes inéditos. S.N.G.M., archivo técnico.

IVANHOE I. F. (1944) Report on the Sigchos trips. S.N.G.M., archivo técnico N° 664-1.

KIZUKA S., SATO K., SHINOHARA K. and ADACHI K. (1960) Detailed description of mines surveyed. Overseas Mineral Resources Development, Cooperation Association; S.N.G.M., archivo técnico.

KRAGLIEVICH J. (1964) Informe preliminar acerca de la geología del yacimiento de sal de la Isla Sal Salvador, Galápagos. S.N.G.M., archivo técnico N° 624-1.

KROCHIN V. (1939) Manganeso en la Provincia de El Oro. S.N.G.M., archivo técnico N° 620-1.

KROCHIN V. (1959) Las aguas naturales existentes en la provincia de Bolívar y pertenecientes a la familia Córdovez Chiriboga. S.N.G.M., archivo técnico N° 205-1.

LÓPEZ C. E. (1945) Informe sobre la mina del "Emporio". S.N.G.M., archivo técnico N° 120-1.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959a) Viaje de información a lo largo del ferrocarril de Ibarra (Imbabura) a San Lorenzo (Esmeraldas), en relación con los lavaderos de oro de la zona. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 15; S.N.G.M., archivo técnico.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959b) Reseña sobre el yacimiento de caolín de Azogues (Cañar) y los lavaderos auríferos de Sigsig-Aillón (Azuay). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 17; S.N.G.M., archivo técnico.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959c) Viaje de información en las provincias de Bolívar, Guayas y Cotopaxi. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 14; S.N.G.M., archivo técnico.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959d) Reconocimiento de los indicios de Minas en Molleturo y en Gualleturo. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 8; S.N.G.M., archivo técnico.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959e) El yacimiento de azufre de Tixán. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 11; S.N.G.M., archivo técnico.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959f) Reseña sobre los lavaderos auríferos de Shingata. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 12; S.N.G.M., archivo técnico.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959g) Viaje de información en Changaymina (Loja). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 2; S.N.G.M., archivo técnico.

MANGEZ G. y MOSQUERA C. (1959h) Los indicios de mercurio de San Marcos y de molibdenita de San Miguel (Cañar). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 5; S.N.G.M., archivo técnico.

MINERAL INDUSTRIES ENGINEERS Inc. (M.I.E.) (1968) Non-metallic minerals Survey. Termination report, phase I. Contract N° AID-518-202 to Ministerio de Comercio e Industrias, USAID – Ecuador.

MOSQUERA C. (1951) Yacimientos de carbón “El Derrumbo”. S.N.G.M., archivo técnico N° 228-13.

MOSQUERA C. (1957) Informe de una fuente de agua cerca del pueblo de Alóag. S.N.G.M., archivo técnico N° 228-24.

MOSQUERA C. (1959) Informe de las fuentes termales de Guapán. S.N.G.M., archivo técnico N° 228-31.

MOSQUERA C. (1966) Investigaciones geológicas en el cuadrángulo de Sigsig. S.N.G.M., archivo técnico N° 228-44.

MUÑOZ J. E. (1949) Aguas minerales del Ecuador, Quito, Ecuador, 299 pp.

MUÑOZ J. E. (1951) Informe analítico de las fuentes de aguas minerales de la provincia de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, 52 pp.

MUÑOZ J. E. (1957) Compendio de hidrología general y aplicada. Imprenta Municipal, Quito, Ecuador, 30pp.

MUÑOZ J. E. (1959) Inventario de las aguas minero-medicinales del Ecuador. Editorial Universitaria, Quito, Ecuador.

O’ROURKE J. E. (1967) Travertine deposits of southern Ecuador. United Nations Mineral Project of Ecuador, unpublished report, 52 pp. S.N.G.M., archivo técnico.

O’ROURKE J. E. and al. (1968) Geology, coal and hydrocarbons of the Cenozoic basins of southern Ecuador. United Nations, Ecuador, Mineral Project. Final report Operation No. 1; S.N.G.M., archivo técnico.

PIERCE MANAGEMENT CORPORATION (1966) Lignite Exploitability Analysis, Cuenca-Biblián and Loja-Malacatos basins. Republic of Ecuador. Private report.

PUTZER A. y SCHNEIDER A. (1958) Informe sobre investigaciones de yacimientos en el Ecuador. Misión alemana, 2da parte, S.N.G.M., archivo técnico.

RIBADENEIRA C. (1944) Reconocimiento Geológico de los cantones Paute, Gualaceo, Sigsig, Méndez y Gualaquiza. S.N.G.M., archivo técnico N° 136-1.

RIBADENEIRA J. A. (1960) Varios Minerales. S.N.G.M., archivo técnico N° 135-2.

SOCIETE ANONYME DE PROSPECTION AEROPORTEE (S.A.P.A.) (1965) Levantamiento aerogeofísico en Ecuador. S.N.G.M., archivo técnico.

SCHNEIDER A. (1966a) Operation N° 3 Austro. Memorandum N° 7. U.N.D.P., private report; S.N.G.M., archivo técnico.

SCHNEIDER A. (1966b) The high-alumina kaolin deposit, Puyo, province Napo, U.N.D.P., private report; S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P. y HERRERA J. I. (1959a) Reconocimiento geológico de algunos indicios de mineralizaciones en las cercanías de Cuyuja y Chalpi, valle del río Papallacta (provincia de Napo-Pastaza). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 18. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P. y HERRERA J. I. (1959b) Viaje de información a la zona de Sigchos (Cotopaxi). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 7. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P. y HERRERA J. I. (1959c) Reconocimiento geológico de la zona mineralizada de Sigsig. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 9. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P. y HERRERA J. I. (1959d) Nota sobre algunos indicios de mineralización en la parte sur de la concesión de minas otorgada al señor Vicente Idrobo-Valdivieso en una zona ubicada en las parroquias de San Fernando, Púcara, Shagli, cantones de Santa Isabel y Girón (Azuay). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 16. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P. y HERRERA J. I. (1959e) Reconocimiento geológico del cerro Pilzhum y de la Taday-Pindilig (Cañar). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 17. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P. y HERRERA J. I. (1959f) Abastecimiento en calizas de la fábrica de cemento “Chimborazo”. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 10. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P. y HERRERA J. I. (1959h) Reconocimiento geológico de la zona mineralizada del Fierro-Urcu (Loja). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 3. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P., MANGEZ G., MOSQUERA C. y HERRERA J. I. (1959a) Los carbones de Malacatos y Loja. Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 3. S.N.G.M., archivo técnico.

SPINDLER J. P., MANGEZ G., MOSQUERA C. y HERRERA J. I. (1959) Estudios en la región mineralizada de Portovelo (El Oro). Misión geológico-minera franco-ecuatoriana, N° 1. S.N.G.M., archivo técnico.

STOLL W. C. (1962) Notes on the mineral resources of Ecuador. Economic geology, Vol. 57, pp. 799-808.

STUEBY C. (?) Los yacimientos auríferos de Zhingata y Mangaurcu, Biblioteca Universidad de Cuenca, N° 6297.

TAKEDA H. (1968) Reconocimiento Geológico de la región de la Mina “Macuchi” en la provincia de Cotopaxi. Maclas N° 1, Universidad Central del Ecuador.

TAKEDA H., ONO K. and FURUTAN H. (1963) Report on the investigation of ore deposit at the Macuchi Mining District in Cotopaxi province of Ecuador. Overseas technical Cooperation Agency; S.N.G.M., archivo técnico.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969a) Technical Report N° 1, Coal investigations in Cuenca-Biblián and Loja-Malacatos basins. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969b) Technical Report N° 2, Gold and Sulphides in Portovelo District (El Oro). Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969c) Technical Report N° 3, Clay and Travertine in Austro provinces. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969d) Technical Report N° 4, Glass sands and quartz Deposits (Santa Elena Peninsula and Portovelo). Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969e) Technical Report N° 5, Investigations and evaluation of the metallic ores in Azuay-Cañar provinces. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969f) Technical Report N° 6, Iron ore and Parite in Guayas and Manabí provinces. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969g) Ad Hoc Report No° 1. The Chaucha Copper-Molybdenum mineralization, Azuay province. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969h) Ad Hoc Report No° 2. The Gualleturo Silver Prospects, Cañar Province. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969i) Ad Hoc Report No° 3. Iron Sulphide Mineralization at San Fernando, Azuay Province. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969j) Ad Hoc Report No° 4. San Bartolomé Silver Mineralization, Azuay province. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969k) Ad Hoc Report No° 5. Molybdenite mineralization, San Miguel, Cañar province. Survey of metallic and non-metallic Minerals, U.N.D.P., Quito.

VILLEMUR R. (1967) Estudio de reconocimiento geológico-mineralógico de la provincia de Loja. Asistencia técnica francesa; S.N.G.M., archivo técnico.

WALLIS B. F. (1946) Mina examinations effected in the provinces of Azuay and Cañar. S.A.D. Co., special report N° 88; S.N.G.M., archivo técnico.

WOLF T. (1892) Geografía y Geología del Ecuador. Leipzig.

YANTIS L. (1943) General review and summarization of exploration work carried out in Ecuador by the South American Development Co., special report N° 60; S.N.G.M., archivo técnico.

Se concluyó de imprimir esta Obra, en el Departamento de Publicaciones
de la Universidad de Guayaquil, el día 20 de Julio de 1972,
siendo actual Rector Interino el Dr. Marco.
A. Reinoso Proaño, Decano de la
Facultad de Ciencias Químicas
y Regente el Sr. Enrique
A. Proaño Álvarez